

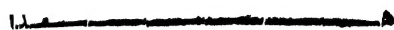
168.

ملک مصباح

303-5

A. 968

A0968



الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر

المصون * في تطبيق الهندسة

على الفنون * تعريب

عيسى افندي

زهزان

فهرسة الجزء الاول من كتاب كشف رموز السبر المصون *

في تطبيق الهندسة على الفنون * صحيفة

خطبة الكتاب

الدرس الاول في الخط المستقيم والزوايا والخطوط العمودية والمائلة
(ويشتمل على رسم الخطوط المستقيمة وصحتها وكذلك المستوى ونسبه

مع الخط المستقيم) ٦

بيان اقيسة الطول ١٠

بيان المقياس (ويشتمل على بيان الزوايا) ١٠٢

امتحان صحة المسطرة المثلثية ١٥٠

بيان تطبيق الاجسام على بعضها ١٦

عملية تصحيح الخطوط العمودية ٢١

الدرس الثاني في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية

والمائلة (ويشتمل على بيان كون الخطوط المتوازية على بعد واحد) ٢٣

اجراء العملية على سبك الحديد اى السكك ذات القضبان ٢٧

تطبيق الخطوط المتوازية على عجلات الالة المستعملة لغزل القطن

(وفيه مسطرة الرسامين المستعملة في رسم المتوازيات) ٢٨

بيان تطبيق العملية على حركة الدروج في موتها ٣٠

بيان تطبيق العملية على حركة المكابس في الطلبات ٣٠

بيان تطبيق العملية على لحمة القماش وحياته ٣١

بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية ٣٢

بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد

المساقط ٣٣

بيان تطبيق طريقة المساقط على فن الميكانيكة ٣٤

بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المنحنية (وكذلك المثال الشهير

المقرر في اماره السفين) ٣٦

مثال ناشئ من رسم الطرق والخليجان (ويشتمل على رسم الاراضى
بخطوط افقية) ٣٧

الدرس الثالث فى بيان الدائرة (ويشتمل على تعريفها وعلى المحيط
والمرکز وانصاف الاقطار والاقطار وعلى الوتر والسهم وعلى المماس
الدائرة عمود على نصف قطرها) ٣٩

اجراء العملية فى رسم الخطوط ٤١

اجراء العملية فى خرق جسم متحرك بواسطة آلة ثابتة ٤٣

اجراء العملية فى عمل الاجزاء المعدة لسن الآلات وتسطيح السطوح ٤٣

اجراء العملية فى خرق الاجسام الثابتة ٤٤

اجراء العمل فى التدوير ٤٤

اجراء العملية فى الحركات المتوازية ٤٥

اجراء العملية فى تركيب الآلات ٤٥

اجراء العملية فى نقل حركة مستديرة من محور الى اخر ٤٦

بيان التسيور المحيطة بالدوائر ٤٦

بيان حركة دائرية فى اخرى ٤٧

اجراء العملية فى اللعب البخارية ٤٨

تقسيم الدائرة ونطبقها على قياس الزوايا ٤٨

بيان الطرق السهلة التى يمكن استعمالها فى تقسيم الدائرة (ويشتمل
على نسبة المحيط الى نصف القطر) ٤٩

بيان استعمال اقواس الدائرة فى قياس الزوايا (ويشتمل على بيان
الدرجات والدقائق والثواني وغيرها) ٥٠

اجراء العملية فى علم الجغرافيا ٥٢

بيان تقسيم الدائرة المستعمل فى تركيب الآلات ٥٣

بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا ٥٤

الدرس الرابع في بيان الاشكال المتنوعة التي يمكن جعلها المحصولات
الصناعة بواسطة الخط المستقيم والدائرة (ويشتمل على بيان المثلث
المستوى وانواع المثلثات المختلفة والمثلث المتساوي الساقين وعلى شرط
تساوي المثلثات)

٥٧

بيان الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة

٦٢

بيان اجراء العمليات (ويشتمل على المعين والمستطيل والمربع)

٦٣

بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة (ويشتمل على مجموع زوايا

المثلث وعلى الاشكال المربعة والمخمسة والمسدسة)

٦٦

بيان ما يتعلق بالدائرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة (ويشتمل

على الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة)

٦٧

تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة

٧٠

تطبيق الاشكال المتقدمة على التبليط وتلوين الاخشاب والتزاور

والتزيين (ويشتمل على الاشكال ذات الاضلاع المنتظمة التي يمكن بها

تغطية المساحة على وجه الضبط ويتضمن ايضا التطبيق على البناء)

٧٠

بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقواس دائرية (ويشتمل على

التطبيق على الملاعب والمدرجات والقباب المحصورة والقباب الحادة

والقباب المصنوعة على صورة اذن القفّة)

٧٣

بيان رسم تفصيل العمارات

٧٤

الدرس الخامس في بيان الاشكال المتساوية والمماثلة والمناسبة

(ويشتمل على تساوي الاشكال)

٧٧

بيان طبع الرسم اي النقل بالضم

٧٩

بيان نقل الرسم

٧٩

صيفه

٧٩

بيان تماثل الاشكال

بيان كيفية الحصول على الاشكال المتساوية او المتماثلة بالنحت والطبع والتفريز

٨٠

اي الطبع بالجرو وغير ذلك

٨٠

بيان كيفية الحصول على الاشكال المتساوية بالطبع

٨٣

بيان قاعدة المربعات

٨٥

بيان الاشكال المتناسبة

٨٧

بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة

٨٨

بيان كيفية رسم ارنيك آلة او محصول صناعة

٨٩

بيان الخاصية الاصلية للتناسب الهندسي

٩٢

بيان المثلثات المتشابهة

٩٥

بيان تكرار التناسب

٩٧

بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة

الدرس السادس في بيان اخذ مسطح الاشكال المسعوية المنتهية

٩٩

بخطوط مستقيمة او مستديرة

١٠٧

بيان استحالة تزيغ الدائرة

١٠٧

بيان تماثل سطح الاشكال المتشابهة لبعضها

١٠٩

بيان اجراء العملية

١١٠

بيان اجراء العملية في صناعة الصفي

١١٠

بيان اجراء العملية في قطع الاوتاد

١١٣

بيان عملية خراط الاجسام

بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برايم في شأن قطع السطوح

١١٣

المستوية

١٢٠

الدرس السابع في بيان المنحنيات المنتهية بالمستويات

١٢١

بيان اجراء العملية

١٢٢	بيان اجراء العملية في علم النظم
١٢٢	بيان اجراء العملية في علم المباني
١٢٣	بيان اجراء العملية في الميكانيكة
١٢٤	بيان اجراء عدة عمليات مختلفة
١٢٤	بيان المناشير البلورية
١٢٥	بيان مساحة الاجسام المنتهية باوجه مستوية
١٢٤	بيان تكعيب شكل الاهرام
	بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته باوجه مستوية على
١٣٦	حسب المطلوب
١٣٨	اجراء العملية في تكعيب قارين السفن
١٣٩	بيان المجسمات المتشابهة
١٤٢	الدرس الثامن في بيان الاسطوانات
١٤٤	الطريقة الاولى في صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع
١٤٤	بيان اجراء العملية في صناعة صواري السفن
	الطريقة الثانية في صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية
١٤٥	المتوازية
١٤٥	بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار
١٤٥	اجراء العملية في التكعيبات والتشييكات وغيرهما
١٤٨	بيان صناعة الاسطوانات بالمد والسحب
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانات بالثقب
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانات بالنشر
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانة عند المعمار جية
١٥٠	بيان مساحة سطح الاسطوانات

صحيحة

- ١٥٢ بيان مساحة حجم الاسطوانات
- ١٥٣ اجراء عملية خواص الاسطوانة في تحديد الظلال
- ١٥٤ اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية
- ١٥٥ بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة
- ١٥٥ بيان استعمال الاسطوانة في ترقيق الطير
- ١٥٥ بيان الاسطوانات المركبة اعني آلات الخلق
- ١٥٦ بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق
- ١٥٦ بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع
- ١٥٦ بيان طبع الليتغرافية اي الطبع على الحجر
- ١٥٧ بيان الطبع بالنقش
- بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة في صناعة الحديد وجعله قصبانا
- ١٥٧ بيان استعمال الاسطوانات في نذف القطن
- ١٥٨ بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن والتيل ونحو ذلك
- ١٥٨ بيان تخطيط الاسطوانات
- ١٦٠ الدرس التاسع في بيان السطوح المخروطة
- ١٦٦ بيان استعمال آلة التصوير
- ٢٦٨ بيان الاوضة المظلمة
- ١٦٩ بيان الصورة الخيالية
- ١٦٩ بيان الخيال الظلي
- ١٧٠ بيان قاعدة علم المنظر
- ١٧٣ بيان اجراء علم المنظر في فن المعمارية
- ١٧٥ بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير
- ١٧٦ بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومجسولات الصناعة

صحيحة

- ١٧٧ بيان اجراء عملية علم المنظر في زخرفة محل الالعب
- ١٧٧ بيان اجراء عملية المساقط المخزوطية في علم الجغرافيا
- الدرس العاشر في بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة
- ١٧٨ اى مضاعفة الانحناء وغير ذلك
- ١٨٠ بيان اجراء العملية .
- ١٨٠ بيان اجراء العملية في صناعة البسط والرخ
- ١٨١ بيان نشر الاخشاب المنحنية
- ١٨٢ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاحجار
- ١٨٤ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القباب والقنوات
- ١٨٤ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن
- ١٨٨ بيان الانموذجات والارايك المنتشرة
- ١٨٨ بيان اجراء العملية في تفصيل اقشنة الملابس
- ١٩١ بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء
- ١٩٢ بيان اجراء العملية في عمارة السفن
- ١٩٢ بيان عمل الاخشاب المنحنية .
- ١٩٦ الدرس الحادى عشر في بيان سطوح الدوران
- ١٩٨ بيان سطوح الدوران المتولدة من حركة خط مستقيم
- ١٩٩ بيان المقراض
- ١٩٩ بيان محلات الغزل
- ١٩٩ بيان الكرة
- ٢٠١ بيان الحقوق المستعملة في رسم الكرة
- ٢٠٤ بيان مساحة حجم الكرة وقطوعها
- ٢٠٦ بيان اجراء العملية
- ٢٠٧ بيان اجراء العملية في علم الجغرافيا والهيئة

٢٠٨	بيان فئمة سطح الارض الى مربعات كروية لينتسرها تخطيط الاماكن .
٢١٠	بيان اجراء العملية في اتجاه الطرق في علم الملاحة
٢١٢	بيان الكرة السماوية
٢٢١	الدرس الثاني عشر في بيان السطوح الخلزونية
٢٢٣	بيان شكل البريمة الخلزوني
٢٢٥	بيان اجراء العملية
٢٢٧	بيان اجراء العمليات
٢٢٨	بيان الاعمدة الملتفة
٢٢٨	بيان الامبيق المتوى
٢٣٠	بيان غزل التيل والكتان
٢٣١	بيان غزل الصوف والقطن
٢٣٥	بيان السطوح الخلزونية المستعملة في السلام
٢٣٥	بيان السطح الخلزوني لبريمة المهندس ارشيدس
٢٣٨	الدرس الثالث عشر في بيان تقاطع السطوح
٢٤١	بيان مسقطي الخط المستقيم
٢٤٣	بيان مسقطي كثير الاضلاع
٢٤٦	بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويان مع السطوح المنحنية
٢٤٧	بيان كيفية رسم مسقطي الاسطوانة
٢٤٧	بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى
٢٤٨	بيان اجراء العملية في انشاء السفن
٢٤٨	بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانة مع الظلال
٢٥٠	بيان اجراء العملية في علم المنظر
٢٥٠	بيان تقاطع المخروط والمستوى

٢٥١	بيان القطع الناقص
٢٥٣	بيان اجراء العملية في علم الضوء
٢٥٣	بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاس الصوت
٢٥٥	بيان القطع المكافئ
٢٥٧	بيان اجراء العملية في المهارات
٢٥٧	بيان القطع الزائد
٢٥٨	بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية
٢٥٨	بيان اجراء العملية في معرفة علم النور
٢٥٩	بيان البانوراما اى المنظر العام
٢٥٩	بيان المرأة المسحورة
٢٦٠	بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القباب والقبوات
٢٦٠	بيان الظلال المخروطية
	الدرس الرابع عشر في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمنحنيات
٢٦١	والسطوح
٢٦٤	بيان المستويات المماسية للسطوح
٢٦٦	بيان المستوي المماس للاسطوانة
٢٦٦	بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسية
٢٦٧	بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية
٢٦٧	بيان المستويات المماسية للمخروط
٢٦٨	بيان اجراء العملية
٢٦٨	بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة
٢٦٨	بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان
٢٦٩	بيان المخاريط والاسطوانات المماسية لبعضها في اى ضلع كان
٢٧٠	بيان الاسطوانات المماسية والمكسفة بسطوح آخر

صيفه

- ٢٧٠ بيان الاسطوانات التي تكتنف بالكرة
 ٢٧٠١ بيان اجراء عملية ذلك
 ٢٧٠١ بيان معيار الاكر
 ٢٧١١ بيان اجراء العملية في الظلال
 ٢٧٢ بيان اجراء العملية في فن التجارة
 ٢٧٣ بيان الكسوف
 ٢٨١ بيان الاجراءات لعملية الصقل والجلي وغير ذلك
 ٢٨٢ الدرس الخامس عشر في بيان انحناء الخطوط والسطوح
 ٢٨٣ بيان اجراء العملية في انحناء الارض
 ٢٩١ بيان انحناء الكرة

بيان الخطأ والضواب من الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر المصون
في تطبيق الهندسة على الفنون

خطا	صواب	صحيفة	سطر
خواصا	خواص	٦	٢٣
المقاس	المقيس	١١	٥
(شكل ٢٧)	(شكل ٢٦)	١١	٢٥
وحبل	او حبل	١٦	١٩
د٥	د٥	٢٠	
ث	و٥	٢٤	١
لان	الآن	٢٨	٢١
مستقيم	مستقيم	٣٠	١٢
و قل اختلاف	واقل اختلاف	٣١	٨
م ا ب د هـ	م ا ب ث د ن	٣٦	٧
و د ح	و د خ	٤١	٢
م د غ	م د غ	٤١	٤
م ر ع	م ر ع	٤٦	٦
و ر	و ر	٤٢	٣
نقطة ح	نقطة ح	٤٢	٢٣
٥٥٧٦	٥١٧٦	٥٠	١٢
موضوعين	موضوعا	٧٥	٢٢
كنشكوا	كنشكوا	٨١	٥
الى ب ث د	الى س ث د	٨١	٢٢
ام	ام	٨٧	١٥
كان م ر	كان د ر	٨٨	١٦
بينهما التناسب	بينهما التناسب	٩٠	٢١

خطا	صواب	صفحة	سطر
مثلث ابث	مثلث ا ر ث	٩٢	١١
هـ ن ث	هـ ف	٩٦	٢١
س ض اب	س ض ا ب	١٠٢	١
ص ر	ص ز	١٠٢	١٨
ل م ن ف	ل م ن و	١٠٣٠	١٨
(شكل ٢٨)	(شكل ٨)	١٠٦	٥
ل ن ح خ	ل ن ح خم	١١٧	٩
ن و	ث و	١١٨	٢١
ج ر	خ ر	١٢٠	٢
ح ر	خ ز	١٢٠	٦
القطاع الخشب	لقطاع الخشب	١٢٨	٥
وس	موس	١٣٥	٢٢
بناء ذلك	بناء ذلك	١٣٦	٨
المجسمتين	المجسمتان	١٤٠	١٠
٣٦	١٤١	٩٤١	١٣
م ن ح خ	م ن ح خ	١٤٣	٨
ث	ث	١٤٥	٨
وتصغر	وتصغر	١٤٨	٢٤
ح ح ر ص	ح خ ر ص	١٥٤	٢٣
(شكل ١٧)	(شكل ١٨)	١٥٨	٢
(شكل ١٥)	(شكل ١٩)	١٥٨	١١
المسمى او الياف	المسمى بالشبكية		
العين المشتبكة	او الياف العين		
بالشبكية	المشتبكة	١٦٨	٣

خطا	صواب	صديقه	سطر
ان الخيط	ان الخيط	١٩٢	١١٠
٢٥	٢٥	١٩٦	١٣
(شكل ٩)	(شكل ٦)	٢٠١	٤
٣٠٠	٣٠	٢٢٥	٦
والخار بور	والخار بور	٢٢٨	٢
دف	دق	٢٤٣	٥
المتطرة	المتطرة	٢٤٧	١٠
دائرة ابثد	دائرة ابث	٢٦١	٢٤



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله الذي امتد غله بسائر الاشياء كل الامتداد * ونزهه عن ان تحصره
 اقطار وجهات وابعاد * احكم ما صنع * ووضعه على امن اساس * واتقن
 ما ابتدع * لا على مثال ولا قياس * وغلت الافكار تهيم في دوائر ملكوته
 فلم تدرك له غاية * ولم تقف له عند حد ولا نهاية * والصلاة والسلام على من
 براهين فصاحته قاطعه * ودلائل بلاغته فامعه * مركز محيط المآثر
 والمقاص * منبع علوم الاوائل والاواخر * سيدنا محمد الذي خلق على احسن
 الاشكال * الجواهر الفرد الذي حبل بالآيات البينات كل اشكال *
 وعلى آله واصحابه الذين اقاموا عماد الدين * على سطح مستو على الاستقامة
 متين * ثم الدعاء لحضرة فخر آة الزمان * وصدر اهل التمدن والعمران *

مجدّد ببيان العلوم والفنون بعصرنا * بعد ان درست آثارها بمصرنا *
 رب المفخر التي شهد بفضلها الخاص والعام * ولما ترائى تسمو على الثريا
 وتفخر العمام * خلد الله حكومته البهية * وبلغه كل القصد والامنية *
 ولا زال باقيا عدله المنشور * الى يوم البعث والنشور * وبعد فيقول مترجو
 هذا الكتاب لما كانت مدرسة الاسن * حائزة من كل فن احسنه *
 وكما من انتظم في سلك تلامذتها شمرنا عن ساعد الجد والاجتهاد * وبذلنا كل
 الجهد في تحصيل المراد * وعثرنا على ذلك بهمة ناظر تلك المدرسة التي سلكت
 بحسن ادايته * وفرط عنايته * منهج التقدم والنجاح * وسارت سير المبدر
 في غسق الدجا الى ظهور الصباح * حيث افرغ وسعه في التعليم * وسلك
 طريق التفهم والتفهيم * كيف لا وقد جمع بين مرتبتي المعقول والمنقول *
 وحاز فضيلتي الفروع والاصول * حضرة رفاعة افندي * حفظه المعيد
 المبدى * فبعد ان تحققت الامل * وجوزيت الاعمال * وكنا من زمرة
 رجال قلم المترجم * الذي يابى الله الا ان ينشر عمله وعلمه * ترجمنا من الفرنسية
 الى العربية باصر من تغنت بمدحه الورق على الايك * مديريون عموم
 المدارس ادهم بيك * الفائز بالحاسن العلمية والعملية * المسعومى على
 المعارف الكلية والجزئية * في العلوم الرياضية وغير الرياضية * كما في تطبيق
 الهندسة والميكانيكة على الحرف والصناعات والفنون المستظرفة تحت رياسة
 رب الذكاء الرائق * والفهم الفائق * من فاق الاقران * في حومة الميدان *
 وبرع في الفنون الهندسية * ومهر في العلوم الرياضية * حضرة محمديوى
 افندي * وبصحبه لما يخص الهندسة مع ملاحظة واطلاع حضرة الافندي
 ناظر المدرسة والقلم المذكور المشار اليه فناء عيسوى زهران افندي ترجم الجزء
 الاول والسيد صالح افندي الجزء الثانى ومحمد افندي الحلوى الجزء الثالث ولما
 تمياً التمام * وابس طراز الختام * وسماه بكشف رموز السر المصون * في تطبيق
 الهندسة على الفنون * فجاء بحمد الله مرتب المعاني * مع هذب المباني * يشهد
 لا يامولى النعم بانها غررت في وجوه الايام * شهادة صدق لا يعترها نقض

ولأبرام * وبالجملة فصاحب السعادة لا تتكرهمة * ولا تبارى في تقويم
أود الملائن رغبته * فهو جدير بما قاله فيه * الاقنذى مترجم الجزء الثاني المبشار
اليه * نظرياً لاسمه من بعض ما يجب لدولته عليه * مع تلقينه بقطب
دائرة الوجود * رب الاحسان والجلود

قد طاف بي حليف الخيال السارى * ودنا الوصال وفزت بالاطوار
طقت بي الاحشاء من فرط الجوى * تنقاد نحو طوارح الاقار
بشري لقلب فاز منها بالناس * وسعت اليه بجيشها الجرار
دعنى عذولى لا تلتنى فى الهوى * واترك مسامحى فى الغرام وذار
أأتيت من شرع الهوى برسالة * فى العذل تعذل صبوتى وتمارى
يكفيك ما قد حل بي من هجره * فسواى فى حب الملاح مجارى
رام السلوة لمن احب عواذلى * والقلب لا يتقل فى تذكار
تاهت عقول ذوى الهوى فى حسنه * وسقامهم فى الحب كاس عقار
لمن لم يجدنى بالوصل فانتى * باقى على عهدى بلا منكار
لا انتى للغير عند صدوده * كلا ولا اصبر لذات سوار
والله ما سلوه هواه وان سلا * وصبا دلا لا منه للاختيار
جار العذول وانى جار على * حاكم المحبة بعدد الجار
والدمع سأل ومهجتى تلفت على * من حسنه يجلودجى الامحار
دل السقام على الغرام ولوعتى * من بعد ما قد اخفيت اسرارى
ريم برى الاحشا بسيف لحاظه * كالدورى بسيفه البتار
بيت المكارم قطب دائرة العلا * عئين الوجود ومركز الاختيار
ان سل فى الهيجاء عضبا صارما * باء العدا بمذلة وصغار
لله در اميرنا من فارس * فى الحرب يبرى خصمه يوار
اخذت به مصر عروس زمانها * ومن الفخار دثرت بلنار
حوت الكمال وفاقت الامصار اذ * بعزيرها اقتضت على الاقطار
سر الودى من فى الوغى قطع العدا * ولصكم برى من فارس جبار

افديه من بطل اعاد لمصرنا * شمس المعارف في علو نخار
 نشرب تواريح الافاضل فضله * فبذكره بنجاب كل غبار
 وله من الاشبال نجل ناجب * يخشاه كل غضنفر كرار
 الهازم الاعداء ابراهيم من * ففتح له ابواب كل حصار
 لم لا يفوق الكل وهو اخو للعلا * نور الزمان وصقوة الابرار
 جلت مناقبه عن الاحصاء اذ * سارت مفائره بكل ديار
 واختص بالنصر الذي بهر العدا * فقضاه عن كل عار عارى
 دانت رقاب مخالفيه لامره * وويوت علاه شواهد الانار
 مازال في الاقبال طول حياته * وعهدوه مازال في اديار
 حاز الفخار طريفه وتليده * وسواه في كسب الفاخر طارى
 ملاء القلوب مهابة فكأنه * عند التحام الحرب ليث ضارى
 دلت ما ثره على عزمانه * ألغى سواء يكون للاخطار
 عباسهم بالجود يسر والنسب * نخر الاماجيد بكامل المقدار
 لينت اذا عظم التزال غضنفر * ماتحت دماء عهده كالانهار
 يفتر نغر الدهر عن احسانه * ومبيد يحه يجلو قذى الابصار
 بسعيدهم سعد الزمان واهله * والبر فانين وعم بكل بحار
 اما حسين فانه يجنى من اللست تعليم روضا يانع الازهار
 شرف الزمان به ومن عبد الحليم غدا رفيعا طيب الاخبار
 اكرم بهم من فتية حازوا العلا * ايسوغ اقطع عنهم اشعارى
 وهذا اوان التعريب * بعون القريب المجيب

الجزء الاول

(تطبيق الهندسة والميكانيكة على الحرف والصنایع والقنون المستظرفة)

* (الدرس الاول) *

في الخط المستقيم والزاويا والخطوط العمودية والمائلة

علم الهندسة يبحث فيه عن قياس الامتداد وتقويم نسبه

والامتداد هو الابعاد الثلاثة التي هي الطول والعرض والعمق.

وتكون هذه الابعاد الثلاثة في جميع الاجسام التي تحتوى عليها الطبيعة

وفي سائر الاجسام التي تعمل بواسطة الصناعة وهي موجودة كذلك في كل

مسافة فارغة او مشغولة بجسم ما

سطح الجسم يتركب من جميع النقط التي تفصل هذا الفراغ المشغول بهذا

الجسم عما يلي من الفراغ المذكور

وبناء على ذلك يكون بالضرورة للسطح المذكور طول وعرض دون عمق حيث

ان النقط الداخلة في جسم الجسم ليست جزأ من سطحه

ويطلق الخط على النقط المتتابعة الفاصلة لجزئ سطح جسم ما ومنه الخط

الهندسي وهو ما اشتمل على الطول دون العمق والعرض ويحتوى الفراغ الذي

يشغله جسم ما في وقت معلوم على جميع ابعاد هذا الجسم ويمكن تصور ذلك

تصوراتنا ما عند قولته في قالب ونزعه منه

وبذلك يتصور الانسان المسافة المشغولة بهذا الجسم بمجرد النظر الى ذلك

القالب مثلا اذا رأينا علبة فارغة محتوية على جزء من الفراغ فانتا نعرف

ان صورة هذا الجزء الفراغي هي في الحقيقة الصورة الداخلية للعلبة

فعلى ذلك تكون الخواص الهندسية المنسوبة لابعاد الجسم منسوبة ايضا

لابعاد هذا الفراغ المشغول بهذا الجسم ومثل ذلك خواص سطوح

الاجسام تكون خواص الجزء الفراغ المشغول بهذا السطح في وقت معلوم

فلذلك كان المهندس المشتغل بالهندسة العلمية لا يعتبر جسمان من الاجسام

بخصوصه ولا سطعن من السطوح بخصوصه ليتوصل الى معرفة النسب

الموجودة في ابعاد هذا الجسم وسطحه وانما يتصور في الفراغ جزء الجسم وسطحه لان هذين الشكليين يكفيان في الدلالة عليه ولوان في مثل هذا بعض صعوبة الا انه يبرن العقل ويقوى التصبر وينشأ عنه فوائد عظيمة لمعرفة الهندسة العملية والعملية وبناء عليه ينبغي ان نعود التلامذة على ذلك شيئاً فشيئاً وان نبين لهم الاختلاف الملائم الموجود بين الاجسام على اعتبار المهندس العلمي والمهندس العملي ولا مانع من ان تتصور في الهندسة اجساماً متداخلة في بعضها بحيث اتم اشغل كلها او بعضها جزءاً من الفراغ في آن واحد وذلك غير ممكن في الهندسة العملية وبالجملة فلا يمكن ان الاجزاء المادية لجسمين تشغل معاً مسافة واحدة ولو ظهر وقوع تظلم لفهم منه ان اجزاء احد الجسمين للمادية تدخل في فراغ الاخر مثال ذلك انحلال الماء في السفنجة وسياً في لنا كون هذه المخطوطات لازمة لفهم حركة الآلات ونتائجها

فاذا فرض ان الجسم يتقص شيئاً فشيئاً من ابعاده الثلاثة التي هي الطول والعرض والعمق فانه يقرب شيئاً فشيئاً من النهاية الوهمية وهي النقطة الهندسية التي باعتبارها يقول كل بعد من هذه الابعاد الى صفر

وفي الفنون يطلق اسم النقطة غالباً على اجزاء السطح والجسم اللذين ليس لهما سوى الابعاد الصغيرة جداً كنقط الكتابة ونقط الخطوط النقطية في الرسوم الهندسية وغيرها بالحبر وبالقلم الرصاص ونقط الجسكا كذا في غرزة الخياط وهلم جرا

والنقطة ايضا تصور من نهاية الاشياء المحددة كالمناقش حيث ان هذه النهاية لا يمكن لها محسوس ومن الضروري تعود التلامذة على معرفة اعتبارات النقطة بطرق متنوعة في الهندسة المحضة وتطبيقاً

ولاجل سهولة علم الهندسة نتكلم اولاً على المخطوط ثم على السطوح ثم على الاجسام التي تسمى حجوماً بالنظر للفراغ الذي تشغله وصلبة اذا كان لها اشكال يمكنها البقاء عليها بنفسها اعني ان لا تكون مظروعة في ظروف اوبين حواف حائرة مثل النيد في القزائير والماء في مجرى الانهار والبرك والبحار

وغير ذلك

وفرض في علم الهندسة ان جميع الاجسام صلبة اى مجسمة اوان اشكالها منصبطة الثغير داخل تحت قاعدة او جد عند ممارسة المهندس لها واسهل سائر الخطوط واكثرها استعمالا في الفنون هو الخط المستقيم وهو الذى يقطعه الانسان في اقرب زمن عند تعبته اتجاهها واحدا لانه اقصر بعد بين نقطتين

وكما انه لا يوجد بين نقطتين طريقان مستقيمان كل واحد منهما اقرب بعد من احدى النقطتين المذكورتين الى الاخرى لا يمكن كذلك رسم خطين مستقيمين بين نقطتين معلومتين فحينئذ لو فرض ان خطين مستقيمين اتصلا بهاتين النقطتين لا يتحدان معا وصارا خطا واحدا فاذا فرض ان هذين الخطين المستقيمين رسما على جسمين وانطبقا نقطتان من الخط الاول على نقطتين من الخط الثانى فانه عند انطباق هذين الخطين على بعضهما يتحدان معا ويصيران خطا واحدا ونستعمل خاصة هذا الخط المستقيم في الصناعة على حالتين

اولاهما لاجل الوقوف على صحة خط مرسوم بواسطة خط اخر معلوم الاستقامة يكفى انطباق الثانى على الاول في نقطتين وينظر هل يطابقه في جميع نقطه ام لا فاذا لم يطابقه يكون الخط المعلوم غير مستقيم وعلى ذلك يلزم تصحيحه تانيهما لاجل رسم الخطوط المستقيمة نستعمل رسمها اجساما لها ضلع او عدة اضلاع مستقيمة كالسطر والقلائب

ولذلك نضع المسطرة والقلاية على السطح الذى ينطبق فيه الخط المستقيم المصنوع بالمسطرة والقلاية انطباقا كاملا في جميع نقطه لانه لا يمكن بدون ذلك رسم خط مستقيم على اى سطح كان ثم نرسم بقلم رصاص او منقاش او اى آلة سواء كان طرفها محمدا او قاطعا خطا يمس بالمسطرة والقلاية في هذا يصير الخط المرسوم مستقيما

وهذا هو سبب كون قطاع القزاز يقطع على هيئة خط مستقيم بمسطرته وقلمه المنتهى بقطعة من الالماس الواح القزاز للربعة التى يريد وضعها

وينبغي للانسان اذا اراد رسم خط بين نقطتين مفروضتين ان يضع المسطرة بالنسبة على هاتين النقطتين بحيث تكون قريبة بحسب ما يقتضيه سمك القلم الرصاص والمنقاش الذي يرسم به ثم يجعل المسطرة ثابتة مدة الرسم بحيث يكون القلم الرصاص والمنقاش مما سادتهما المسطرة .

وعند ابتداء التلامذة في رسم الاشكال الهندسية يلزمهم الانتباه والزمن ليرسموا خطا مستقيما مع غاية التدقيق ويكون ذلك بواسطة القلم الرصاص لانه يحدث عندهم وقت الرسم بالحبر صعوبة اكثر من الطريقة الاولى حيث انهم يجفلون للخطوط التي يرسمونها عرضا صغيرا فاذا كان هذا العرض كبيرا نتج منه اتلاف الرسم وبالجملة فيلزم تمرين هؤلاء التلامذة على كونهم لا يعطون للخطوط التي يرسمونها الا سمكا ضروريا لتكون مشاهدة

ولنشرح الان عرض الخطوط الجارية في الفنون ونبتدأ اولاً بالتكلم على الخط المستقيم كما بدأنا بالكلام على النقطة فقول

قد عرف المهندسون ان هذا الخط لطول فقط دون عرض وعمق وفي الواقع ان كل الخطوط المستعملة في الفنون لها عرض ومن جعلتها الخطوط التي يرسمها المهندسون .

ويطلق اسم الخط في الصناعة غالباً على تجويفات او نقوش ضيقة قليلة العمق وكثيرة الطول بحيث تقرب من الخط الذي يتصوره المهندسون كخطوط الاستحكامات الخفيفة التي بها يحيط المحاصرون والمحاصرون محلاً .

والخط عند ارباب الكتابة والطباعة القوساوية يطلق على السطر فهو تسلسل كلمات متجمعة وموضوعة كلها على استقامة واحدة وسمكها ساوي ارتفاع الحروف وهو صغير جداً بالنسبة لطول هذا الخط .

وهو عند الحباله حبل قليل السمك بالنسبة لطوله فيلزم جعل هذا الخط او الحبل من جله آلات الهندسة العملية المستعملة في الفنون ويكون للحبل المشدود الطرفين صورة مستقيم بقطع النظر عن ثقله مثلاً اذا كان الحبل المشدود من طرفيه موضوعاً على السطح الذي يراد عليه رسم خط مستقيم

فانه يلون بشئ ايض او احمر او غير ذلك ثم يشد ويرخي فبارتحائه يرسم على
السطح الخط المستقيم المطلوب

وانتم الطالب ايضاً على خواص الخط المستقيم كما بيناه على خواص النقطة
بان يميز الخطوط الوهمية الهندسية والخطوط العملية ويبرى في احوال كثيرة
ان تقدمات الفنون تقرب شيئاً فشيئاً في عجائبات الصناعة من ذلك التصور
الهندسي الذي ينبغي للامانة معرفة طبيعته وخواصه ولكن يلزم ان يعطى
اهم قبل الوصول الى ذلك صورة لسطح الذي يرسم بخط مستقيم وهو السطح
المستوى المسمى ايضاً المستوي نقطه نقول

اذا وضع في جهة ما خط مستقيم على سطح مستو وكانت تقطعا الخط المستقيم
متحدتين مع المستوي فجميع نقط هذا الخط تكون متحدة ايضاً مع السطح
ويستعمل المستوي في الفنون لصناعة الخط المستقيم وكذلك يستعمل الخط
المستقيم لصناعة المستوي وسيظهر ذلك ذات تفصيل عند ذكر السطوح
خصوصاً (راجع الفلاس السادس)

واغلب الرسوم الضرورية لفنون والحرف يرسم على مستو مجهز قبل ذلك
وقد يستعمل في الرسوم الصغيرة ورق اعاج وفي الرسوم الجسيمة يجمزون
لها غالب الوجوه متسعة كما ان مهندسي السفن يمدون لوحاً كبيراً على قدر طول
اسفل المركب وهو المسمى بالارنين واما التجارون وقطاع الخشب
فانهم يصنعون رسمهم على سطح حائط مستو واما المهندسون فانهم يرسمون
اشكال انقنادر على سطوح افقية من الجص ولا يتحققون صحة الرسم
الا اذا كان السطح المستوي صحيح الاستواء بحيث ان الخط المستقيم الموضوع
عليه يتقدمه في جميع نقطه

(بيان اقيسة الطول)*

قد يستعمل الخط المستقيم الذي هو اقصر بعد من نقطة الى نقطة ثانية لقياس
المسافة القصيرة المنحصرة بين نقطتين

ويستعمل هذا الخط ايضاً لقياس الانهال الاعتيادية للاجسام وبهذه

الطريقة يقيسون إبعاد كتلة خشب أو بيت أو سفينة أو غير ذلك
ولاجل مقابلة هذه الأقيسة المتنوعة ببعضها يلزم أن نأخذ منها واحدا ونجعل
أحادي قياسها وننظر كيف يتكرر هذا الأحاد في الشيء المراد قياسه فإذا كان
يتكرر فيه ١ أو ٢ أو ٣ أو ٤ أو ٥ مع الصعقة فلا صعوبة في العملية وليس
كذلك فيما إذا بقي من الخط المقاس جزء يكون أقل من الطول المأخوذ أحادا
فحينئذ يؤخذ هذا الأحاد ويتقسم إلى أجزاء متساوية مثل ١٠ و ١٠٠
و ١٠٠٠ ثم تبحث ١٤ ما يحتوي عليه الخط المستقيم المعد للقياس من
العشرات والمئين والالوف من أحاد القياس .

(بيان المقياس)

المقياس خط مستقيم مثل \overline{AB} شكل (١) موضوع عليه عدة
أحاد القياس وتقسيمات هذه الأحاد وقد تفيدنا الهندسة العلمية طريقة
استعمال هذه المقاييس ورسمها بغاية الضبط وهي من العمليات المهمة
في اشغال الصناعة التي ينتج منها النجاح لضبط القياس (راجع الدرس
الخامس)

ومن الضروري لأرباب الفنون أن يكونوا محتسبين على خط مستقيم منقسم
على حسب القياس المتبول عند كافة الناس كالأقيسة القديمة بمثل القدم
والهنداسة والجديدة كالتر المتجزء على مسطرة .

وقد تشتري الصناعات غالباً آلات ومقاييس غير مضبوطة التقسيم وقريبة
الخلل فمن يجنس مراعاة للوفر الذي في غير محله فمن المستحسن للصناعات
أن يشتروا دائما المقاييس والآلات العظيمة المضبوطة من كل جنس لأن
القوائد التي تعود على اشغالهم من حسن الآلات تعوض عليهم المصروف
الذي بذلوه في ثمنها وسفتكهم في كثير من المواضع هي حقيقة ذلك

ويجب علينا بعد اعتبار الخط المستقيم منفردا أن نعتبر عدة خطوط مستقيمة
بالنظر لا وناعها فنقول .

إذا فرضنا أن مستقيم \overline{AB} (شكل ٢٧) يدور حول نقطة Γ

الثابتة ويأخذ على التوالي اوضاع ا ث اد اه الخ ففي هذه الحركة يبعد الخط المذكور شيئاً من وضعه الاصل وهو ا ب س ويسمون بالزاوية انقراج ب ا ث او ب ا د او ب ا ه من خط الى آخر وقطة ا التي تمتد منها خطاً ا ب و ا ث تسمى راس الزاوية وخطاً ا ب و ا ث هما ضلعاً الزاوية ويسمون في بعض الاوقات الزاوية الراقعة بين ضلعي ا ب و ا ث زاوية ا فقط وفي الغالب يقولون بزاوية ب ا ث بشرط ان يكون حرف ا الذي هو راس الزاوية بين حرفي ب و ث الموجودين في ضلعها وحين يدور خط ا ث (شكل ٢) حول راس ا يصل الى وضع ا م المقابل لخط ا ب فاذا استمر على الدوران فانه يقرب من ا ب من الجهة المنعكسة الى ان يعود ثانياً على ا ب بعد ان يدور دورة كاملة ومن المعلوم ان مستقيم ا س دار في وضع ا م نصف دورة من ا ب وبالجمله اذا اتى الجزء الاعلى من شكل ب ا م ه على جزئه الاسفل فان الاول ينطبق على الثاني انطباقاً كلياً وفي الحركات العسكرية بعد اصطاف العساكر اعني وضعها على خط مستقيم وتوجهها الى جهة فيحتاج في الغالب اتجاهها الى الجهة المقابلة للاولى فحين يصدر النداء بعمل نصف دورة الى الجهة اليمنى ففي وقتها يدور كل واحد من العساكر على احد كعبيه المشار اليه بحرف ا (شكل ٣) ولكيلا يحصل خلل في هذه الحركة يضع العسكري التقدم الاخر المعبر عنه بحرف ب خلف الاول (شكل ٤) ويدور حيثئذ على كعبيه دورة كاملة ويكمل كل واحد من هذين التقدمين نصف دورة (شكل ٥) ويصير التقدم الذي كان جهة الخلف الى جهة الامام ويصير على الصف الاول (شكل ٦) فاذا دار العسكري ثانياً نصف دورة فانه يجد نفسه في اتجاه

الاصلي وتكمل دورته حينئذ

واذا اعتبرنا الزاويتين الحاصلتين من مستقيمي $\overline{ا\theta}$ و $\overline{د\alpha}$ كما في (شكل ٧) وجدنا احدهما وهي β $\overline{ا\theta}$ صغيرة والثانية وهي θ $\overline{ا\theta}$ كبيرة ومجموعهما يساوي نصف دورة من دوران خط $\overline{ا\theta}$ من ابتداء α الى α واذن تكون زاوية β $\overline{ا\theta}$ هي التي تنقص من زاوية θ $\overline{ا\theta}$ لتكون نصف دورة كاملة وكذلك زاوية θ $\overline{ا\theta}$ هي الناقصة من زاوية β $\overline{ا\theta}$ لتحدث نصف دورة كاملة فلذا يقال ان زاوية β $\overline{ا\theta}$ هي التامة لزاوية θ $\overline{ا\theta}$ وكذلك زاوية θ $\overline{ا\theta}$ هي التامة لزاوية β $\overline{ا\theta}$

واذا فرضنا ان زاوية β $\overline{ا\theta}$ تزيد لكون خط $\overline{ا\theta}$ يبعد عن خط α فان زاوية θ $\overline{ا\theta}$ التامة تنقص ويأتي وقت تزيد فيه زاوية β $\overline{ا\theta}$ وتنقص فيه زاوية θ $\overline{ا\theta}$ الكبيرة حتى يصير الزاويتان متساويتين (شكل ٨) وكل من هاتين الزاويتين المتساويتين تسمى زاوية قائمة فاذاً تكون الزاوية القائمة نصف دورة من الدوران الكامل اعني ربع دورة ثم ان زاوية β $\overline{ا\theta}$ القائمة او θ $\overline{ا\theta}$ (شكل ٨) اربع الدورات هي الزاوية التي يحتاج الى احداثها اوقاسها في جميع الاوقات لاجراء جملة عظيمة من اشغال الفنون

ويستعملون غالباً في الحركات العسكرية ربع الدورة الذي يسمى ربع قلبية ومتى لزم انقلاب البلوك المصطف على اتجاه α (شكل ٨) من هذا الوضع الى وضع θ $\overline{ا\theta}$ العمودي فانه يدور وينقلب حول نقطة α ويحدث دورة واقلاباً تاماً حتى يرجع الى وضعه الاول اذا دار دائماً الى جهة واحدة

ولا يحدث الاربع دورة لكي يصل الى الوضع الاول العمودي ويحددون جهة
هذه الحركة بان يأمر وبالدفور ان المثلثة الجني او اليسرى

واذا فرضنا حينئذ خطين آخرين مستقيمين كخطي م و ن و ول

(شكل ٩) و (١٠) اللذين وجدلنهما بضع ول حيث ان زاويتي

ن و ل و م و ل متساويتان اقول ان هاتين الزاويتين يصيران

متساويتين للزاويتين الاوليين وهما ب ا ث و ث ا د (شكل ٨)

اللتان اطلق عليهما فيما سبق اسم الزاويتين القائمةين

ولبيان ذلك نضع مستقيم د ا ب (شكل ٨) على خط م و ن

(شكل ٩) بحيث يتحدان في جميع قطعهما كاتحاد الخطين المستقيمين

وتقع نقطة ا على نقطة و فيقتل وينبغي ان ضلع ا ث يقع بالجهة

والضبط على ضلع ول واذا قدرنا لخط ا ث (شكل ٩) وضعنا

آخر وكان واقعا على يسار ول فن المعلوم ان زاويتي ث ا ب

و ث ا د اكونهما متساويتين لا يمكن ان تكون زاوية م و ل الزائدة

بزاوية ث و ل عن الاولى وزاوية ن و ل الناقصة عن الثانية

بنفس زاوية س و ل متساويتين بخلاف ما اذا وقع خط ا ث (شكل ١٠)

على يمين ول فان زاويتي ب ا ث و د ا ث حيث لهما

متساويتان فلا يمكن ان تكون زاوية م و ل التي هي اصغر من زاوية

د ا ث مساوية لزاوية م و ل التي هي اكبر من زاوية ب ا ث

فبنا على ذلك لا يمكن وقوع خط ا ث على يمين ول ولا على يساره

بل يقع بالتدقيق عليه كلية فالزاوية القائمة المتألفة من جهة من مستقيمي

أ ب د ومن جهة اخرى من مستقيمي و ل و م ن المتغايرين تكون كلهما متساوية دائما .

وهذه هي القاعدة الاولى التي ينبغي عليها استعمال المسطرة المثلثية وهذه

المسطرة مركبة من مسطرتين قائمتين مثل أ ب و أ ب (شكل ١١) الثابتين في نقطة ١ بحيث يتركب منهما زاوية قائمة فاذا اردنا ان نرسم من

نقطة و (شكل ١٢) خط و ل يان يجعل بينه وبين خط م و ن

زاويتين قائمتين نضع ضلع أ ب من المسطرة على طول خط و ن بشرط

ان نقطة أ تقرب بقدر الامكان من نقطة و ثم نرسم مستقيم و ن بالطرق الاعتيادية فيكون هو الخط المطلوب

فاذا استعمل ارباب الصنائع مسطرة غير كاملة الضبط فان جميع عملياتهم تكون عرضة للخلل فبناء على ذلك يجب عليهم غاية الاهتمام بضبط المسطرة المثلثية التي يستعملونها في اشغالهم وبالجمله فلا شيء اسهل من ذلك .

*) امتحان صحة المسطرة المثلثية .

لأجل ضبط مسطرة ب أ ب (شكل ١١) نبتدي بان نرسم مع

الضبط مستقيم م و ن (شكل ١٣) على سطح مستو ثم نضع ضلع

أ ب باقرب ما يكون على طول و ن ونرسم خط و ل على طول

أ ب وبعد ذلك نطلب المسطرة المذكورة ونضعها على ب أ ب مع

وضعنا أ ب على طول و م ونظرا ما يكون اتجاه الضلع الثاني وهو أ ب

اولا اذا وقع على خط و ل المرسوم كانت المسطرة مضبوطة ثانيا اذا

لم يقع الضلع الثاني على و ل كانت غير مضبوطة وتكون الزاوية

الناجمة عنها صغيرة جدا ثالثا اذا تجاوز الضلع الثاني خط ول فهي غير
مضبوطة ايضا وتكون الزاوية الحادثة منها كبيرة
وسترى الطرق التي يمكن ارباب الصنائع استعمالها لضبط المسطرة التي ليست
مضبوطة

ثم ان نجاري الترسانية يسمون بالمسطرة المتحركة آلة صورتها س ص ز
(شكل ١٤) يسهل بها اخذ قياس جميع الزوايا ونقلها وهذه الآلة مهمة
من مسطرتين يدوران على مدار واحد لا يخرجان عنه بحيث يمكن بواسطتها
تكوين جميع الزوايا كبيرة او صغيرة

وقديهم في انضمام هاتين المسطرتين لكيلا تدور احدهما على الاخرى من
غير ان يحصل لهما بعض احتكاك وان يحفظ موضعهما الاصلى متى امكن فتح
الزاوية التي يصنعانها ونقلها مع السهولة ويرى على مقتضى ما ذكرناه يسهل

نقل زاوية ما كزاوية ب ا ث (شكل ١٤) من ابتداء نقطة و
(شكل ١٥) بان يؤخذ ضلع ول من زاوية ل و ن الجديدة
التي يلزم ان تساوى زاوية ب ا ث

وتحرر المسطرة المتحركة بحيث ان ضلعي س ص و ص ز يتبعان
استقامتي ا ب و ا ث (شكل ١٤) ثم تنقل تلك المسطرة
على (شكل ١٥) بشرط ان لا يحصل تغير للزاوية المصنوعة
ونضع س ص على ول فحينئذ اذ ارسمنا بقلم رصاص او منقاش

وحبل خطا مستقيما مثل خط و م على امتداد ضلع ص ز نصير زاوية
م و ل مساوية لزاوية ب ا ث

(بيان تطبيق الاجسام على بعضها)

ويجب التنبيه على الطريقة التي نستعملها هنا لتركيب الزوايا ولتحقيق
 تساويها بان نضع المسطرة المثلثية على الاشكال ونضع الاشكال على بعضها
 ونستعمل هذه الطريقة في عدة من عمليات الصناعة وبجملته من البراهين
 الهندسية فنقول انه متى وضع شكل على آخر وانطبقا انطباقا كلياً في جميع
 ابعادهما كانا متحدى الصورة والقدر ويكونان متساويين بالكلية ويحدث
 منهما شكل مساو لشكل آخر على هذا الوجه فلذا يضع الخياطون ونحوهم
 الارائيل على الاقمشة التي يريدون تفصيلها مع غاية الصحة بحسب محيط هذه
 الارائيل التي على هيئة الاشكال اللازمة تصورها ووضعها

ومتى حدث من خط $\overline{ا\theta}$ (شكل ١٦) ونقط $\overline{د ا ب}$ زاويتان
 قائمتان كزاويتي $\overline{ب ا \theta}$ و $\overline{\theta ا د}$ كان خط $\overline{ا\theta}$ عموداً على
 خط $\overline{د ا ب}$ فبناء على ذلك تنزل عمود $\overline{ا\theta}$ على مستقيم $\overline{د ا ب}$
 بوضع ضلع $\overline{ص ز}$ من المسطرة المثلثية التي هي $\overline{س ص ز}$ على
 استقامة $\overline{ا ب}$ ونرسم مستقيم $\overline{ا\theta}$ على استقامة ضلع $\overline{س ص}$
 ونشرح طرفاً للرسم الخطوط العمودية فنقول

انما اذا اثبتنا شكل ١٧ الى اثنين بشرط ان يكون مستقيماً $\overline{ا ب}$
 هو فاصل الثني اى الحد المشترك بين الاثنين فيث ان زاويتي $\overline{ا ب ل}$
 و $\overline{ا ب \theta}$ متساويتان نضع مستقيم $\overline{ب\theta}$ على $\overline{ب د}$ فاذا تطبق
 زاوية $\overline{\theta ب ه}$ على زاوية $\overline{د ب ه}$ مع الضبط فتكون هاتان
 الزاويتان الاخيرتان متساويتين كالزاويتين الاوليين وحينئذ متى تقاطع
 خطان مستقيمان وكان من جملة الزوايا المتألفة من تقاطعهما زاوية قائمة فبان
 الثلاثة الاخر تكون قائمة كذلك وبناء على ذلك يكون كل من جزئي
 $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ه}$ الذي هو واحد الخطوط المستقيمة عموداً على الآخر

ومن المفيد ان نبرهن انه لا يمكن ان تنزل من نقطة ب (شكل ١٨) الا
 بعمود ب أ على مستقيم د ا ث المفروض
 ولا ثبات ذلك نفرض انه يمكن مد عمودي ب أ و ب د من نقطة
ب على نفس هذا المستقيم الذي هو د ا ث ونمد ب أ بشرط ان
 يكون خط أ د مساويا لخط أ ب ثم نصل مستقيم د ر
 ونثنى جزء د ا ث - جميعه على د ا ث ب بحيث ان زوايتي
ا ث و ب ا ث متساويتان فيكون خط أ - موضوعا على أ ب
 ونقطة ر - على نقطة ث ويكون خط د - موضوعا على د ب
 واذن زاوية أ د - تكون مساوية لزاوية أ د ب القائمة فيكون
 خط د - على ذلك جزءا من عمود د ب فينتج من هذا انه يمكن رسم
 خطين مستقيمين مثل - أ ب و - د ب بين نقطتي -
و ب وهذا مستحيل

وبجميع هذه المقدمات المذكورة في شأن الزوايا القائمة فلنستكم الان على الزوايا
 المائلة فنقول

اذا تركب من منتهيين ث د و ث ب (شكل ١٩) زاويتان
 متباينتان تكون احدهما اصغر من قائمة ا ث ه والاخرى اكبر منها
 فالاصغرى تسمى زاوية حادة وتسمى الكبرى زاوية منفرجة
 فمن المعلوم ان هاتين الزاويتين يشغلان المسافة التي حول نقطة ث جهة
 ضلع أ ب كما ان قائمتي ا ث ه و د ث ه يشغلانها فيكون حينئذ
 مجموع حادة ب ث د ومنفرجة أ ث د مساويا لزاويتين قائمتين
 وذلك انك تجد باليسر انه لو ان حادة ب ث د تساوى زاوية قائمة ناقص

دث ه وان منفرجة اشد تساوى زاوية قائمة زائد دث ه
فاذن يكون مجموعهم مساويا زاويتين قائمتين

وانفرض الان اتنا مد خط دث الى ث ف ونقابل زاويتي

اث ف و ب ث ف بالزاويتين الاوليين

فينتج لنا اولا ان زاويتي اشد و ب ث ه الناتجتين من خط

شد ونخط اب المستقيم يساويان زاويتين قائمتين وبناء على ذلك تكون

زاوية ب ث د مساوية لزاويتين قائمتين ناقص اشد ثانيا ان

زاوية ا ب د وزاوية ا ب ث الحادتين من خط ا ب

الواقع على خط ا ب يساويان زاويتين قائمتين فتكون زاوية

ا ب د مساوية لزاويتين قائمتين ناقص اشد وينتج من ذلك

ايضا ان كلا من زاويتي ب ث د و ا ب د تكون مساوية

لزاويتين قائمتين ناقص اشد ونثبت بمثل ذلك مساواة زاويتي ا ب د

و ب ث ف المتقابلتين في الرأس كالزاويتين الاوليين

وحينئذ اذا تقاطع خطان مستقيمان فانه يحدث منهما اربع زوايا فيكون

اولا مجموع الزاويتين المتجاورتين مساويا لزاويتين قائمتين ثانيا الزوايا

المتقابلة في الرأس متساوية

ويمكن الايمان بالمقابلة بين الاعمدة والخطوط المائلة فتقول

اتنا اذا وصلنا من نقطة ما كنقطة د (شكلا ٢٠) خطا مستقيما مثل

ده الى مستقيم اب وكانت زاويتا ا د ه و د ه ث غير قائمتين

فيكون خط د ه ليس عمودا على خط ا ب بل يكون مائلا عليه وزيادة

على ذلك اذا وصلنا خط د ث عمودا على خط ا ب فان الزاوية الاخيرة

من زاويتي $\overline{ا ه د}$ و $\overline{ب ه د}$ المقابلة لخط $\overline{د ث}$ تكون عادة
والاخرى منفردة

فالان اذا طولنا خط $\overline{د ث}$ الى نقطة $\overline{د}$ بشرط ان يكون خط $\overline{د ث}$
مساويا لخط $\overline{ب د}$ ورسمنا ايضا خط $\overline{ه د}$ المستقيم ثم ثنينا الجزء الاسفل
من الشكل بدويرة كاولب على $\overline{ا ب}$ نخط $\overline{ث د}$ يقع على $\overline{د ث}$
ونقطة $\overline{د}$ تقع على نقطة $\overline{د}$ وحيث ان زاويتي $\overline{ب ث د}$ و $\overline{ب د ه}$
متساويتان فاذن $\overline{ه د}$ يساوي $\overline{ه د}$ وزيادة على ذلك يكون خط $\overline{ه د}$
المنكسر اطول من خط $\overline{د ث}$ المستقيم المرسوم بين طرفي $\overline{د و}$
حينئذ يكون نصف $\overline{د ه}$ الذي هو مائل $\overline{د ه}$ اطول من نصف
 $\overline{د ث}$ وهو عود $\overline{د ث}$.

فهذه هي الخاصية العامة لمستقيم $\overline{د ث}$ (شكل ٢٠) العمودي
على مستقيم آخر مستقيم $\overline{ا ب}$ وهو انه يكون اقصر من كل خط مائل
مرسوم من نقطة $\overline{د}$ وهي نهاية العمود الواقع على هذا المستقيم الذي
هو $\overline{ا ب}$ ولما كان خطا $\overline{د ث}$ و $\overline{د ه}$ يقاسان الابعاد التي بين
نقطة $\overline{د}$ ومستقيم $\overline{ا ب}$ نشأ عن ذلك انه لاجل الانتقال من نقطة
الى خط مستقيم يكون اقصر بعد هو العمود النازل من هذه النقطة على
ذلك المستقيم

وهذه هي احدى الخواص الشهيرة النافعة لتطبيق اصول الهندسة على
القنون

وكثيرا ما يحتاج الانسان الى البحث عن اختراج المسافات الصغيرة والسطوح
القليلة الامتداد والطجوم الصغيرة بشروط معلومة لكن قل ان يسهل علينا
استخراجها وحيث ان مسائل هذا الترتيب يفنى عليها اختصار عمليات

الصناعة وجب علينا ان نشتغل بها كثيرا ونبذل كل الجهد في اظهار سرها
فتقول

نفرض الان (شكل ٢١) اننا نزلنا خط د ب عمودا على ا ث
فينتج من ذلك ان ب ا يساوي ب ث فتقول ان المثلين المائتين
النازلين من نقطة د الى نقطة ا ومن نقطة د الى نقطة ث
يكونان متساويين وذلك اننا اذا نينا جزء ب د ث على جزء ب د ا
واعتبرنا عمود ب د لولبنا في حيث ان زاويتي ا ب د و ث ب د
القائمتين متساويتان فان خط ب ث يقع على خط ب ا وتقع
نقطة ب ث على نقطة ا فاذن يكون خط د ث مساويا لخط د ا
وبناء على ذلك كل خطين مائتين على بعد واحد من العمود يكونان
متساويين

* (عملية تصحيح الخطوط العمودية) *

كان الرسامون والنجارون وقطاعو الخشب وصناعو الارائك وغيرهم
يستعملون هذه الخاصية بكثرة متى ارادوا امتحان عمودية خط على آخر هل هي
صحيحة او لا بدون استعمال المسطرة المثلثية فكانوا يقيسون مع الضبط طول
ب ا و ب ث المتساويين بالا بتدأ من خط ب د الذي
يريدون تحقيق وضعه ثم يقيسون ايضا بمسطرة او باي آلة بعد نقطة ا و د
وهو طول خط ا د المائل ويضعون هذا الطول على خط د ث
بالانتقال من نقطة د فان انطبق بالكلية على نقطة ث فان خطي
ا د و د ث المائتين يكونان متساويين ويكون ب د عمودا على
خط ا ث

ومتى اريد تحقيق وضع عمودية خط ب د على خط ا ب ث فانه لا ينبغي

ان نجعل خط د ا المائل قريباً كثيراً من ذلك العمود لانه لو قرب كثيراً من نقطة ب لكان الخلل المحسوس في وضع هذا العمود لا ينشأ عنه خلل الاشئ يسير في طول خط د ر المائل ويصير العمل عرضة للخلل وكذلك يتولد الخلل من وضع الخطوط المائلة بعيدة كثيراً عن العمود وخير الاوضاع ما يقرب من الاوضاع التي تكون فيها خطوط

ا ب و ب ث و ب د متساوية

فيمثل هذه الاحتراسات التي يعمل بها هذا الغرض في كل حالة بمختصرها يمكن ارباب الصنائع ان يعطوا الرسومهم وعماراتهم وآلاتهم درجة الضبط اللازمة للصناعة الكاملة .

ولا يكفي البرهنة على ان الخطوط المائلة اطول من الخطوط العمودية وانما يلزم البرهنة الجيدة على ان الخطوط المائلة تكون كثيرة الطول كلما بعدت عن الخط العمودي

وبيان ذلك ان نقول (شكل ٢٢) انه اذا كان خط ود عمودا على خط و ب كان اقصر خطي د ث و د ب المائلين هو اقربهما من العمود لانه اذا رسمنا خط ش ك عمودا على د ث نتج بهذا السبب ان د ث اقصر من د ك ومن باب ارى اقصر من د ب

وستقف على حقيقة هذه الخاصية في ميكانيكة العمليات الجمة فاذا فرضنا قرب جسم ب (شكل ٢٣) من ا ب العمودي على ب م وفرضنا كذلك ارتباط هذا الجسم بجسمي ب ا و ب ث ثم جذبنا الاول من نقطة ا والثاني من نقطة ث لاجل تنقيص المسافتين الحاصلتين بين هاتين النقطتين والجسم فيلزم ان الجسم يتقدم شيئاً فشيئاً بشرط ان ينشأ عنه عدة خطوط مثل ا ب ثم ا ب و ب ث ثم ب ث الخ الاخذة

في الميل شيئاً فشيئاً وهي التي تصير بهذا السبب قصيرة جداً وبالعكس إذا اردنا
 ابعاد جسم \overline{B} عن \overline{A} فالتساوي لعمل قضباناً غير لينة من الحديد
 او الخشب لتحركه الى السير من نقطتي \overline{B} و \overline{A} ونضع هذه القضبان
 وضعا يزيد في الميل شيئاً فشيئاً وكذلك نجعل لها طولاً كبيراً اما بين نقطتي \overline{B}
 و \overline{A} او بين \overline{B} و \overline{C}

(الدرس الثاني)

في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية والمائلة
 يكون الخطان المستقيمان متوازيين اذا لم يلاقيا عند امتدادهما من الجهتين
 مهما يمكن

فعلى ذلك يمكن ان نرسم من نقطة \overline{A} (شكل ١ وشكل ٢) مستقيماً مثل
 \overline{AB} الذي اذا امتد من طرفيه لا يلاقى خطاً آخر مستقيماً كخط \overline{CD}
 فحينئذ يكون موازياً له وبالجمله لا يمكن ان نجد من نقطة \overline{A} الا خطاً واحداً
 موازياً لخط آخر

ولاجل ايجاد خط \overline{AB} يلزم ان نرسم من نقطة \overline{A} خط \overline{AB} عموداً
 على خط \overline{CD} ثم نرسم كذلك \overline{AB} عموداً على \overline{AC} فيصير
 حينئذ خط \overline{AB} موازياً لخط \overline{CD} وذلك لانه اذا تلاقي خطا \overline{AB}
 و \overline{AC} في نقطة واحدة يمكن تنزيل عمودين من تلك النقطة المفروضة على
 خط \overline{AC} المستقيم وهذا غير ممكن *(كفاي الدرس الاول)*

ولنبرهن الآن على ان كل خط مثل \overline{AB} يقطع \overline{CD} فنقول
 مهما كانت زاوية \overline{BAC} صغيرة فانه يجب علينا عند تدوير \overline{AC}
 حول نقطة \overline{A} لبعده عن \overline{AB} ان نكرر زاوية \overline{BAC} مراراً
 عديدة لكي تملأ المسافة المنحصرة في ربع دور \overline{BAC} ولكن اذا اخذنا

عدة نقط بقدر ما يمكن مثل $\overline{\text{ث}} \text{ و } \overline{\text{ث}} \text{ و } \overline{\text{ث}} \text{ و } \overline{\text{ث}}$ الخ المتباعدة عن بعضها

بمسافة مساوية لمسافة $\overline{\text{ث}}$ ا ثم اقنا اعمدة $\overline{\text{ث}}$ و $\overline{\text{د}}$ و $\overline{\text{ث}}$ و $\overline{\text{د}}$

و $\overline{\text{ث}}$ و $\overline{\text{د}}$ الخ فتنقسم هذه الاعمدة بعد $\overline{\text{ث}}$ $\overline{\text{ث}}$ $\overline{\text{ث}}$ $\overline{\text{ث}}$ الى

مسافات متوازية مستطعها كسطح $\overline{\text{أ ب}}$ $\overline{\text{ث}}$ فحينئذ يمكن رسم مسافات

كثيرة العدد بقدر ما يوجد من الزوايا الصغيرة مثل $\overline{\text{ب أ}}$ و $\overline{\text{أ ه}}$ و $\overline{\text{أ ه}}$

و $\overline{\text{أ ه}}$ الخ في زاوية $\overline{\text{ب أ}}$ القائمة فادن تكون المسافة

المشغولة بمسافة $\overline{\text{ب أ}}$ الخ اصغر من المسافة المنحصرة في زاوية

$\overline{\text{ب أ}}$ ولو بلغت هذه الزاوية في الاصغر ما بلغت وبهذا السبب يقطع خط $\overline{\text{أ ه}}$

المستقيم الممتد بخط $\overline{\text{ث}}$ وبدون ذلك يلزم ان تكون مسافة $\overline{\text{ب أ}}$

التي هي جزء من $\overline{\text{ب أ}}$ اكبر من مسافة $\overline{\text{ب أ}}$ وهذا غير ممكن

ومن هنا ينتج انه اذا كان مستقيمان مثل مستقيمي $\overline{\text{أ ب}}$ و $\overline{\text{ث}}$

متوازيين وكان الجدهما عمودا على خط آخر ثالث مثل $\overline{\text{أ ه}}$ كان الاخر

عمودا على هذا الخط الثالث

ويستعملون في فن الرسم ورسوم التجاوزه هذه الخاصية الموجودة في المتوازيات

فيصنعون آلة تسمى تاء لانها من كبة من جنس $\overline{\text{م ن}}$ و $\overline{\text{و ح}}$ (شكل ٣)

المتجمعين على شكل حرف التاء الفونساوية ويضعون فرع $\overline{\text{م ن}}$ كشيء

السمك والبارز من اسفل على امتداد $\overline{\text{أ د}}$ من لوحة $\overline{\text{أ ب}}$ $\overline{\text{ث}}$

ولما كان الفرع الآخر الذي هو $\overline{\text{و ح}}$ عمودا على الاول نشأ عن ذلك

ان يخطي $\overline{\text{أ ب}}$ و $\overline{\text{و ه}}$ المستقيمين المرسومين على امتداد فرع

$\overline{\text{و ح}}$

وج يكونان متوازيين

واذا اريد تنظيم الجيوش العسكرية صفافا اعني بلوكات متوازية مثل

أ ب و ث د و ه ف الخ (شكل ٤) فانهم يضعون ادلة

أ و ث و ه و غ على خط مستقيم وابعاد متساوية ثم يصفون

كل بلوك اصطفا فاعموديا على مستقيم أ ث ه غ الخ فيتحقق حينئذ ان البلوكات موازية لبعضها

ويستعملون في الفنون بكثرة الخطوط المستقيمة المتساوية البعد

وفي نسخ اليد وطبع الكتب تكون الحروف موضوعة على خطوط متساوية

الابعاد اي متوازية كالالف واللام من اسم الله عز وجل

ويستعملون في فن الموسيقى الخطوط المتوازية المتساوية البعد (شكل ٥)

ليضعوا فيها نغما حلقة مملوءة او فارغة بسيطة او مركبة باذيال متوازية

ثم يجمعون هذه النقط الحلقية بحيث لا يلزم للغناء ولا جرائنغيات كل جملة

الازمن واحد وهذا الزمن هو المسمى بالقياس وتكون الخطوط المتنوعة

منفصلة بخطوط مستقيمة عمودية على الخطوط الاول المتوازية وبناء على

ذلك تكون هذه الاعمدة خطوطا موازية لبعضها

ويرسمون في الغالب مرة واحدة خمس خطوط متوازية بواسطة قلم جدول

له خمسة اسنان موضوعة على خط مستقيم ويسمى عند الرسم على مسطرة

بشرط ان تكون الاسنان الخمسة موضوعة على صف عمودي على هذه

المسطرة فن الواضح حينئذ ان نرسم خمسة خطوط متساوية الابعاد

ومتوازية ايضا

واستعمال الخطوط المتوازية المتساوية البعد غير متناه في سائر الفنون

حيث ان الحراث يصنع خطوطه على موجب الخطوط الموضوعة هكذا

فعند ما يحرث الارض ويجر محرثه على خط مستقيم ترسم اسنان المحراث

المتساوية البعد خطوطا مستقيمة متوازية وبناء على ذلك تؤثر اسنان الآلة

كلها في الارض على السوية لتقسم قطع الارض التي فصلها من المحراث الى قطع صغيرة او كبيرة

واذا اراد النقاش رسم سطوح كاملة الاستواء فانه يرسم اول اجزاء كبيرة الظل او صغيرة بخطوط غليظة او رفيعة لكنها تكون متوازية ومتساوية البعد

فاذا اراد رسم سطوح مستوية وكان جزؤها يبعده عن الراسد او سطح السماء فانه يستعمل ايضا خطوط انظرية مستقيمة ومتوازية ويمكنه ان يجعلها على ابعاد متساوية بشرط ان تكون الخطوط القريبة من الراسد اعماق واعرض من الاخرى ويمكنه ايضا ان يصنع خطوطه انظرية على منوال واحد في العمق والمعرض لكنها تكون متباعدة عن بعضها بقدر ما تكون تقط الفراغ الدالة عليها قليلا الظل او قليلا البعد عن الراسد وهذه التدريجات لها قواعد هندسية فينبغي لكل من اراد من ارباب الفنون تحسين علميته ان يقف على حقيقة هذه القواعد

ويمكن الان ان نبرهن على ان كل خطين مستقيمين متوازيين يكونان متساويي البعد في جميع طولهما

فترسم خطي ا ب و ش د المتوازيين (شكل ٦) وننزل ا ث

و م ن عمودين على هذين الخطين ونعين نقطة كنقطة ش في منتصف خط ا م وننزل ش ك عمودا على هذين الخطين المتوازيين ثم نثنى الجزء الايسر من الشكل على جزئه الايمن بدوران الاول

حول خط ش ك كلواب وتطبيقه على الثاني فزاويتا ك ش ا

و ك ش م من جهة و ش ك ث و ش ك ن

من جهة اخرى تصير متساوية وخط ش ا ينطبق على خط ش م

و ك ث على ك ن وحيث كانت زاويتا ش ا ث

و بش من قائمتين ومتساويتين خط ا ث ينطبق على من وتقع نقطة ث على نقطة ن فاذاً يكون عمود ا ث مساوياً وعمود من وحينئذ يكون خط ا ث و من العموديان (شكل ٦) اللذان يقسمان في اوضاع مختلفة مسافات المتوازيين مساويين لبعضهما وهما اقصر بعريين هذين الخطين المتوازيين

ويكون عمود ا ث و من الواقعان على خط ا ب المستقيم متوازيين فاذاً يكون مستقيماً ا م و ب ن العمودان عليهما مساويين لبعضهما

وبناء على ذلك اذا كان هذان المتوازيان كخطي ا ب و ث د ومستقيمان آخران كـ م ه و ن و المتوازيين العمودين على المتوازيين الاولين فجزأ الخطيين الاولين المستقيمين المحصوران بين الخطيين الآخرين يكونان مساويين لبعضهما وكذلك جزأ الخطيين الآخرين المحصوران بين الاولين يكونان مساويين لبعضهما

اجراء العملية على سكك الحديد اى السكك ذات القضبان وهى سكك يصنعون عليها قضباناً مجوفة او محدبة كاملة الاشتقاقة والاتصاق يتحرك فيها او علم ابغاية الدقة اربع عجلات من العربات اثنتان منها على القضيب الايمن واخريان على القضيب الايسر ومتى كان احدهذين القضيبين مستقيماً ازم ان يكون الاخر بعيداً عنه بمسافة مساوية لبعدهما عن العجلات الموضوعة على محور واحد وبهذا يكون القضبان متوازيين حيث انهما امتساويان البعد ومستقيمان ومتوازيان وفي النقل على هذه السكك فائدة عظيمة ووفر جديداً بالنسبة للنقل الحاصل على الطرق العادية

واذا فرضنا ان خط د ث يقرب من ا ب (شكل ٦). بشرط

ان يكون دائماً عوداً على **ا ب** فانه يكون دائماً مواز بالخط **ا ب** الذي يقرب منه شيئاً فشيئاً مع التساوى في جميع اجزائه ولتحرك هذه الخطوط المتوازية والتساوى الذي تحفظه الخطوط المذكورة في ابعادها فائدة عظيمة في الميكانيكة

تطبيق الخطوط المتوازية على عجلات الآلة المستعملة لغزل القطن

اذا تصورنا عجلة متجهة على حسب اتجاه **ث د** وامكن تقدمها الى الأخرها (شكل ٦) عن **ا ب** مع التوازي بواسطة العجلات الصغيرة التي تمر

على قضبي **ا ب** و **م ن** المتوازيين فان خيوط القطن تتقدم من خط **ا م** الذي هي خارجة منه بمسافة متساوية لملتف على مغازل بمصطفة

على اتجاه **ث ن** المتساوى للبعد وعند ما تقرب العربية **ث ن** من

ا م تنقص بالسوية مسافات نقط **ث ن** الموجودة على مستقيم

ا م وبناء على ذلك تلتف الخيوط بالتساوى على المغازل بدون ان تكون كلها مشدودة مع التساوى ومتى بعدت العربية من خط **ا م** لتجود الى

ث ن كانت الخيوط ممدودة بالتساوى كذلك ولذا يمكن بواسطة تساوى

الخطوط المتوازية المحصورة بين متوازيات اخر الوصول الى إنشاء الآلات

الطريقة المعدة للغزل التي ليست فائدتها مقصورة على غزل اربعين فتلة

او خمسين او ستين او اكثر من ذلك بمجرد حركة العربية مرة واحدة بل تصنع

زيادة على ذلك سائر الخيوط مع مساواة لا يمكن تحصيلها اذا غزلت بدون هذه

الطريقة وبدون الوسايط الهندسية

والى الآن لم تقابل الخطوط المتوازية الا بالخطوط العمودية ولتقابلها

لان بالخطوط المائلة بان نفرض (شكل ٧) رسم خطي **ا ب**

و **ب د** المائلين بالنسبة لخط **ه ا ث ف** فاذا كانت زاويتا

باب و هـ د (اللتان يقال لهما متقابلتان) متساويتين فان

مستقيمتي **ا ب** و **د** يكونان متوازيين

ويكون عكس ذلك صحيحا اي اذا كان هذان الخطان متوازيين فان كل ماثل يقطعهما بشرط ان يصنع معهما اربع زوايا حادة متساوية واربعة زوايا منفرجة متساوية ايضا

وفي الفنون التي يحتاج فيها الانسان الى رسم مستقيم مواز لاخر يستعمل عادة خاصيتا للتوازيات

ويستعمل لذلك مسطرة مثلثة مثل **ص هـ ز** (شكل ٨) من الخشب او الزجاج او المعادن وهي مسطرة الرصاصين وسميت مثلثة لان **ص هـ ز** و **ص هـ د** اللذين هما ضلعاهما على شكل زاوية قائمة او مسطرة مثلثة

واذا فرضنا الان ان المطلوب مرور مستقيم من نقطة **ا** مواز لخط **د** (شكل ٨) فالتا ابتداء اولابوضع المسطرة المذكورة وهي **ص هـ ز**

بحيث يتبع احد اضلاعها وهو **ص هـ** اتجاه **د** ثم نضع مسطرة **م** على ضلع **ص هـ ز** من المسطرة المثلثية ونسكي باليد او بايقال آخر مع الشدة على المسطرة المثلثية لتثبت على المستوى ونحور باليد الاخرى المسطرة المثلثية على امتداد المسطرة حتى يصير ضلع **ص هـ** قريبا جدا من نقطة **ا** المقروضة بالنظر الى الآلة التي تستعمل لرسم مستقيم **ا ب** المطلوب ويصير هذا المستقيم المرسوم على امتداد **ص هـ** موازيا بالضرورة لخط

د حيث ان الزاويتين الحادتين المتقابلتين المصنوعتين بالمسطرة وخطي **ا ب** و **د** متساويتان

وبواسطة ذلك **ص هـ ز** من المسطرة المثلثية يمكن رسم خطوط عمودية على المسطرة وذلك اسهل من رسم الخطوط العمودية بواسطة الخطوط المائلة المتساوية الميل ولكن يلزم لذلك مساطر مثلثية جيدة الضبط وان كانت فادرة

الوجود حتى أنه لا يوجد في المدن التي تقدمت فيها الفنون الاقليل من
الصناعاتية الذين يصنعون مساطر مثلثية ومساطر جيدة الضبط يكتفي بها
مهرة الرسامين
والشرح الآن تطبيق الخواص التي ذكرناها آتقا على تركيب الاجسام
وحركتها فنقول

اذا كان هناك (شكل ١٠) شكل لا تتغير صورته مثل أ ب ث د
وفرضنا تقدمه بحيث تكون جميع نقطه الموجودة على مستقيم أ م د ح
الح متحركة على مستقيم أ م د ح الخ فنقول ان كل نقطة كنقطة
ب او ث او د التي هي من شكل أ ب ث د ترسم
مستقيم ب ر او ث د او د ز الموازي لخط أ ا وحيث كانت
صورة الشكل المذكور لا تتغير مدة تحركه لزم ان كل نقطة من نقط
ب و ث و د تمكث دائما على بعد واحد من مستقيم أ ا فاذن
ترسم هذه النقطة خطا مستقيما موازيا لخط أ م د ح الخ
وكثيرا ما يستعمل في الصناعة هذه الخاصية المستحسنة المعلومة من الهندسة
(بيان تطبيق العملية على حركة الدروج في بيوتها)

قد تكون الدروج والتخت والدواليب والصفاديق الا فرنجية متداخلة ومعاينة
في تحركها (شكل ٩) يبروز ترسم التحاماته القائمة خطوطا مستقيمة
متوازية كخطوط أ ا و ب ب و د د و ث ث وعند تقدم
الدرج او تاخره اذا كانت مهماته جيدة اعنى اذا كان توازي جميع اجزائه
ملحوظا بالدقة يكون محكما عند دخوله في بيته ولا يختل باى وجه كان
في جميع حركاته حيث أن الخطوط المتوازية التي انحصرت بين هذه
المتوازيات وصارت بذلك متساوية تدل على بعد النقط المتنوعة من هذا
الدرج في سائر اوضاعه المختلفة

(بيان تطبيق العملية على حركة المكابيس في الطلمبات)

هذا التطبيق يفيدنا كيف يكون المبكاس الداخلى مع الاتقان في جسمه طلبه محيطها مركب من خطوط مستقيمة متوازية متحركة كافيها مع غاية الضبط بدون ان يعرض له عارض في حركته وذلك اذا كان جسم الطلبة والمكباس مصنوعين مع الضبط واما اذا كان المبكاس يصعد ويهبط بالتوالي فان كل نقطة من دائرته تعبر خطا مستقيما موازيا لمحور جسم الطلبة ولا بد ان تكون جميع هذه الخطوط المتوازية المرسومة موضوعة بالكلية في داخل جسم الطلبة لاسيما عند عمل الآلات البخارية التي اذا حدث فيها ادنى خلل وقل اختلاف في التوازي حصل لقواها الضعف والضياع

(بيان تطبيق العملية على لجة القماش وحياتها)

لاجل لجة القماش نبدأ اولاً على التوازي جملة من الخيوط ونجمعهما من طرف على حاشية ونلفها من الطرف الآخر على عمود من الخشب او غيره ثم نشد الخيوط المذكورة حتى تهبط الاجزاء المنفردة جملة خطوط مستقيمة متوازية وموضوعة على مستو واحد * ولكيلا يكون القماش المراد نسجه مرتجيا في بعض الاجزاء نستعمل آلة تسمى مشطا وهي مركبة من اسنان رفيعة مستقيمة ومتساوية البعد عن بعضها مع التوازي ومن جهازين موافقين لبعضهما وندخل في كل مسافة من المسافات التي بين اسنان المشط خيطا من السدى وهو الذي ينظم تباعد الخيوط عن بعضها فبجمع موعى الخطوط المستقيمة المتوازية اللذين احدهما يستعمل لتنظيم الآخر حين يكون المشط مصنوعا مع الضبط نصل الى صناعة الخشبة كبيرة العرض والطول مع التساوي التام في جميع اجزائها

ومن المعلوم عند جميع الناس ان الهندين احسنوا صناعة الكشامير المشهيرة حتى بلغت في الحسن والدقة غاية الكمال ومنع ذلك لم يكن عندهم لاجل تحقيق توازي الخطوط وتساويها في البعد طرق تشبه في الضبط والتحقيق طرق الافرنج فلذا عسر عليهم صناعة ارضية الشيلان المقاربة لشيلاان الافرنج في القماش والمتحدة معها في النسج مع ان اهل اوروبا لم تشرع في هذه

الصناعة الامند عشرين سنة

ومن الضروري ان نوضح للامدة ان كمال الدرجة العليا المتحصله في فن
من الفنون منوط بالطرق التي يستعملها الانسان ليقترب من الضبط كما تبينه
الهندسة التصورية في توازي الخطوط المستقيمة التي هي كتابة عن الخيوط
الرفيعة جدا

ويقتصر الانسان غالباً القرصة في تبين هذه النتائج باى محمل تستلزم فيه
تقدمات الصناعة اذ خال قوة الادراك والتركيبات الهندسية
في شغل الكرخانات وقد ذكر غير مرة ان هذا هو الذى يجبر ارباب الصنائع
على معرفة الهندسة المطبقة على الفنون معرفة جيدة

وتستعمل خواص الخطوط المتوازية لتركيب اى شكل اوجسم يكون
مساوياً بالجسم معلوم اولشكل كذلك

فاذا فرضنا مثلاً ان المراد عمل شكل ا ر ث د (شكل ١١) مساوياً

على وجه الصحة لشكل ا ب ث د المرسوم سابقاً فالتأثير من خطوط

ب ر و ث د و د ا مساوية لخط ا ا وموازية له ثم

نرسم خطوط ا ر و ر ث و ث د و د ا فتصير هذه الخطوط

المذكورة مساوية بالضرورة لخطوط ا ب و ب ر و ر ث و ث د

وموازية لها وهذا السبب يصير الشكلان متساويين

(بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية)

اذ لزم ان تنقش قطعة من الخشب او الحجر او الحديد نقشا ينطبق بالدقة على

مخوف او محدب مهما لادخال القطعة المخوفة فيه فستعمل خواص الخطوط

المتوازية التي استعملناها آنفاً فاذا فرضنا مثلاً ان اردنا ان نحور في الداخل

المدلول عليه بخط ا ب ث د ه ف (شكل ١٢) قطعة من

الخشب مثل س ص بعد تجييرها وترقيتها بالكلية فنقول انه يمكن

لذلك رسم خطوط ا ا و ب ب و ث ث و د د و ه ه و ف ف

التساوية والموازية لبعضها ثم نرسم محيط ا ر ث د ه ف ونحور قطعة

س. ص. بحسب هذا المحيط

ونستعمل هذه الطريقة لاجل ان نصنع من الواح الخشب الخفيفة ارانيك
الخطوط الاصلية التي نصنع بها سفينة علي موجب رسم معلوم ويسمى
مهندسو السفن طريقة الخطوط المتوازية بالنقالة ويترب على مهنتها الامانة
التامة التي بها تجرى عملية الاشكال المعلومة عند المهندسين على وجه
الصحة

واما استعمال هذه الطريقة الخاصة باجتماع القطع الكثيرة المحروقة والمحدبة
(شكل ١٣) التي ينبغي تعشيقها ببعضها فان صلابة السفينة متوقعة على
احكامها وعلى المقاومة التي ترد تحرك اجزائها عند ما يحصل لهذه السفينة
مشاق من البحر وهذه الحركة هي احدى اسباب الاتلاف المضر جدا
كما ستقف عليه فيما بعد

بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد
المساقط

قد ذكرنا بالاختصار طريقة رسم شكل يساوى شكلا آخر بواسطة الخطوط
المتوازية وهذه الطريقة استعملت ايضا لعمل ارنيك عام لرسم صورة
الاجسام وهذا هو الغرض الاصلى من رسم الهندسة الوصفية
فننقل على مستوي مسقط كخطة اولوح او فرخ وقرق منفرد
الجسم المراد رسمه وذلك بان نمد من كل نقطة من نقط الجسم المطلوب رسمه
خطا مستقيما موازيا لاتجاه معلوم بمقتضى الاتفاق ولا يخفى ان كل نقطة من
نقط الجسم المرسوم تترك موضعها الاصلى وتوضع على سطح المسقط مع
اتباعها للاتجاه المتوازي المتفق عليه فاذن يكون وضع النقطة الجديدة على
مستوى المسقط هو نفس مسقط النقطة .

فاذا اسقطنا سائر نقط خط مستقيم او منحني فانه يتألف منها على مستوى
المسقط مستقيم ومنحن جديدان يصيران مسقطي الخط المستقيم او المنحني
الاصلى

وهذه هي الطريقة المستعملة لاختذ صورة الاجسام في الابنية المدنية والعسكرية والبحرية وفي فن قطع الاخشاب والاحجار وفي الرسم المبدئي لعمل الآلات وهلم جرا

ولا يكتفى مسقط واحد للاجسام المراد تصورها وانما ينبغي مسقطان او اكثر لتحديد صورتها وقدرها مع غاية الضبط ولذا يستعملون سطحي مسقط ليسهل اجراء عملياتها بغرض احدهما راسيا والاخر اقبيا ويقتل او يسقط على المستوى الراسي الجسم المراد رسمه بواسطة خطوط متوازية افقية ويقتل او يسقط الجسم المذكور على المستوى الافقي بواسطة خطوط متوازية راسية

ومن ذلك يسمى المسقط الافقي مستوى الجسم والمسقط المنتصب ارتفاعه ويجب على التلامذة من الآن فصاعدا معرفة ضرورة رسم المساقط مع الضبط بواسطة المستويات والارتفاعات ومعرفة جميع الاجسام المطلوب رسمها وعليتها في سائر الفنون التي ينبغي ان يكون فيها للتأليف صورة جيدة العحة اما على حسب الاراء انك او على حسب الابعاد والمساقط المعينة سابقا

ويتحصل للتلامذة عقب هذه الممارسة وسائط العمل في الاحوال التي تتقدم لهم غير ان ذلك لا يكفيهم وانما يلزم لهم معلم خصوصي يعلمهم رسم المساقط بطرقه ومعارفه

(بيان تطبيق طريقة المساقط على فن الميكانيكة)

ليست الخطوط المتوازية والعمودية مستعملة بواسطة المساقط لمجرد رسم صورة اي جسم مفروض عدم تحركه في وقت معلوم فقط بل تستعمل ايضا لتبيين الطريق التي يتبعها او يجب ان يتبعها كل من نقط ذلك الجسم عند تحركه بأي حركة كانت وهذا التطبيق الجديد الناشئ عن الهندسة من اعظم الاشياء نفعا لفن الميكانيكة فيسوغ لنا ان نرسم بواسطة الخطوط ما ليس يهتني بالصورة في الفراغ ويسوغ لنا ايضا ان نعين على الدوام رسوم الاشياء

التي من شأنها الخفاء في الوقت الذي يعقب ظهورها
 فاذا غرضنا مثلاً انشا اطلقنا رصاصة بندقة او كلة مدفع فهو هدف معلوم
 فان مركز هذه الرصاصة او الكلة يقطع خطا غير مشاهد ومع ذلك فيمكننا
 ان نرسم هذا الخط كما ينبغي على مستوما ونستعمل هذا الرسم في احوال
 كثيرة كما اذا اردنا ان نتحقق من تأثير ضرب طابية على استحکامات فغلي
 حسب دخول هذا الخط التجه على رأس الاستحکامات في القراع الذي يشغله
 المحافظون او مروره باعلى هذا القراع من بعد لا يصل الى المحافظين يكون
 للطابية فائدة او عدم فائدة بالنسبة للمعاصرين (بكسر الصاد) وتكون
 خطرة او غير خطرة بالنسبة للمعاصرين (بفتحها) الذين خلف السور
 (راجع الدرس الرابع عشر)

فاذن نرسم الخط المراد قطعه بمركز الرصاصة على سطح المسقط المبدئين
 للاوضاع الاصلية ونقوش الطابية والاستحکامات لتعرف ما يرجي او ما يخشى
 من تناءج هذه الطابية

ونرسم ايضا بواسطة الخطوط جملة النقاط التي يقطعها مركز القمر حول
 الارض ويقطعها ايضا حول الشمس مركز الارض وباقي النجوم السيارة
 وذات الذنب وما اشبه ذلك فتكون معرفة الخطوط المقطوعة على هذا الوجه
 بالكواكب السيارة منظومة في سلك الاستكشافات النفسية التي كشفها
 عقل الانسان ومكت احقابا من السنين حتى وصل اليها

والقصد من صناعة الالات المستعملة لضرورة الناس واشغال الصناعة ان
 بعض اجزائها يحصل عنه حركات مخصوصة ولا يكتفي رسم اجزاء كل آلة في وضع
 مخصوص بل يلزم رسم حركات هذه الاجزاء وسيرها وقد يتحصل ذلك
 باستعمال طريقة المساقط مع الخطوط المتوازية والعمودية وبواسطة هذا
 الرسم نقف على حقيقة ما ينشأ من صور الاجزاء المتنوعة لهذه الالات
 عند تحركها

ويعلم من ذلك ان القضية المتعلقة بالمتوازيات والخطوط العمودية التي يظهر

انها سهلة وموجزة جدا لها تطبيقات مفيدة اما الرسم الاشياء وصناعتها بالنظر الى اشكالها ورسم اثاث البيوت والابنية والآلات اول الدلالة على الحالة الثابتة للاجسام واحوال تحركاتها المتنوعة فاذن ينبغي التعود بكثرة على طريقة الرسم التي تجرى في الصناعة.

ومن اتفق عمليات الخطوط المتوازية العملية التي استعملت لرسم الخطوط المنحنية بواسطة الخطوط المستقيمة المتوازية

فان افترضنا اى خط منحني كخط م ا ب ب د ن (شكل ١٤)

فاننا نقله الى خط مستقيم اصلى اى الى محور م د بواسطة عدة خطوط

اخر مستقيمة متوازية كخطوط ا ا و ب و ث و د و ه الخ ثم نرسم عادة هذه الخطوط الاخيرة على ابعاد متساوية

(بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المنحنية)

فائدة هذا الرسم الهندسي هو انه يسوغ لنا رسم صورة الخطوط المنحنية وعددها ولو كانت قليلة الانتظام ان امكن التعبير بهذه الطريقة ومن ذلك المثال الشهير المقر في عمارة السفن

(بيان المثال المذكور)

حاصله ان سرعة سير السفينة في حد ذاتها تتعلق بالصورة الموافقة للقارينة اى الجزء الاسفل المنغمس في الماء فينبغي ان تكون هذه الصورة دائمة ومحكمة الصناعة على حسب الابعاد التي يحددها المهندس ولذا يستعملون القواعد الهندسية المضبوطة في رسم قارينة السفن وتركيبها والمعول في ذلك على قاعدة المتوازيات والخطوط العمودية

والضلع الايمن من السفن التي نصنعها يسمى تريبورا اى الجهة اليمنى وهى مضاهية بالكمية للضلع الايسر المسمى بالبابور اى الجهة الشمالية ولاجل عملها تم خطا اقياما كخط م ن (شكل ١٥) يصل مقدمها بمؤخرها وتقيم على هذا الخط المستقيم المنقسم الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب

ب ث الخ خطوط عمودية ونضع على هذه الخطوط تقاطعا تدل على خطوط الماء

ونفرض ان السفينة تنغمس بالتدريج في البحر بدون ميل من الجهتين ونضع في كل درجة من الانغماس على سطحها الخارج خط محيط الماء وهو المسمى بخطوط الماء والذي يدلنا من مبداء الامر على اتصال هذه الخطوط هو صحة اشكال السفينة وتكون هذه المنحنيات محددة كما ذكرناه آنفا بواسطة انصاف الاعراض الموضوعة على عيني المحور وعلى يساره وعلى المتوازيات واذا كانت انصاف الاعراض المذكورة مدلولها عليها باعداد بالنظر الى كل خط مائي وكل متواز فانه يمكن دائما رسم القارينة اى الجزء الاسفل من السفينة وبناء على ذلك يمكن عمل السفينة المذكورة

(مثال ناشئ من رسم الطرق والخلجان)

مثلا اذا كان خط **م ن** المأخوذ محورا (شكل ١٦) هو خط تسوية مياه الخليج او خط آخر مواز لهذه التسوية فالتأخذ بخطوط عمودية مثل **ا ا** و **ب ب** و **ث ث** من ابتداء هذا الخط الى الأرض التي صورتها منتهية بالخط المنحنى المار بنقط **ا** و **ب** و **ث** وهناك آلة يقال لها آلة التسوية تستعمل لتحديد ارتفاعات **م م** و **ا ا** و **ب ب**

و ث ث وسيأتى لك بيانها عند الكلام على آلات الماء

ثم نصنع ما يسمى بالرسوم الجانبية القاطعة بان نمد من كل نقطة من نقط

ا ا و **ب ب** و **ث ث** و **د د** الخ خطوطا افقية عمودية على **م ن** ونعتبر كل واحد من هذه الخطوط محورا جديدا ثم ننزل من هذا المحور بخطوط عمودية على الأرض ونقيس طولها ثم نصنع لكل محور جديد شكلا بواسطة خطوط الأرض العمودية والمنحنى المقابل لهذه الخطوط

وقد تكون هذه العمليات لازمة لزوماضهرى في معرفة كمية الأرض التي ينبغي حفرها في الأماكن المرتفعة لنقلها الى الأماكن المنخفضة وتغيير صورة

الارض الاصلية الى الصورة الملائمة للطريق والخليج الذى يراد رسمه وبالجمله
فان هذه الارتفاعات ينشأ عنهم السرعة والسهولة طريقة عن الحسابات
الضرورية فى تقويم كميات الارض التى يراد رفعها وازالتها وهو ما يسمى
حفر او نقلها وهو ما يسمى ردمها

واذا اردنا تحديد عمق بحيرة او نهر او ميناء او مرسى مع غاية الضبط فالتقسيم
السطح الى جملتين من الخطوط الافقية المتوازية المتساوية البعد بشرط
ان تكون خطوط احدهما عمودية على خطوط الاخرى فاذا تقر ذلك نزلنا
من كل نقطة تكون فيها الخطوط المتوازية الممتدة الى جهة واحدة مقطوعة
بخطوط متوازية ممتدة الى جهة اخرى بعمود يصل الى الارض واذا مررنا
بخطوط منحنية من طرف الخطوط العمودية الممتدة من افق واحد فالتساوي
نصنع الشكل الجانبي لقاع البحيرة او النهر او الميناء او المرسى وبهذه الطريقة
يُحصل لطول هذه الاشياء وعرضها سائر الرسوم الجانبية اللازمة فى تحديد
صورة هذا القاع.

وعوضا عن اتباع الطريقة المذكورة الدالة على صورة الارض المغمورة بالماء
او غير المغمورة نستعمل غالبا خطوطا منحنية بشرط ان تكون الارتفاعات
المنتسبة متساوية بالنظر لكل من هذه الخطوط المنحنية وحيث نضع جملة
من الخطوط المنحنية الافقية ونفرض عادة ان الخطوط المنحنية المتتالية تكون
متساوية البعد عند قياسه اى البعد المذكور مع الانتصاب وبناء على ذلك
يستدل على القطوع الافقية الموجودة على المسقط المنتصب اعنى على
الارتفاعات بتوازيات متساوية البعد وهذا هو الذى يترتب عليه عدة عمليات
ولهذه الطريقة فائدة عظيمة وهو انما تظهر بمجرد النظر على مستوكف فرخ
من الورق الصورة التامة للارض فى جميع اجزائها المتنوعة

وابس نفع تعيين الصورة المذكورة مقصورا على رسم الجهات المائية اى
وصف الاماكن المغمورة بالماء او المروية بها بل ينفع ايضا فى التبغرافية
اى ما يخص البلدان لاجل اخذ صورة الوديان والجبال وغيرها مع الضبط

والتفصيل وينفع ايضا المهندس الجهادي كما ينفع مهندس القناطر
والجسور في رسم الطرق السلطانية واجراء عملية الاستحكامات

واذا اريد تشييد قنطرة قنائية او اعتيادية فلن ابغال هذه القنطرة ترتفع الى
ارتفاع خط التسوية الذي هو م ن (شكل ١٧) ويقسم هذا

الخط من حيث هو الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب و ب ث
وعلى كل نقطة من نقط التقسيم تنزل اعمدة ا ا و ب ب و ث ث

و د د الى الارض فتكون هذه الخطوط د ا على الارتفاع الذي ينبغي ان
تأخذها ابغال القناطر الاعتيادية والقنائية

ولم نتوسع زيادة عما يلزم في هذه التطبيقات العديدة التي يمكن عملها في شأن
رسم صور الامتداد بواسطة المتوازيات وعتري فائدة هذه الطريقة وسهولتها
وايجازها وسرعتها فينبغي حينئذ كثرة التمرن عليها وان نرسم مع المشقة عقدة
اجسام تتعلق بالمحاور والمتوازيات بشرط ان ينتشر جنس هذا الرسم
بالتدرج في جميع الكرخانات

ويمكن ان مر اراجعة كتب الرسم والهندسة المختصة بالمستويات والسطوح
المخنجة وكتب الهندسة الوصفية لا تخلو عن فائدة

(الدرس الثالث)

(في بيان الدائرة)

الدائرة هي سطح مستو تكون جميع نقط دائره المسمى بالمحيط على بعد واحد
من نقطة الوسط المنفردة المسماة مركزا

وجميع الخطوط المستقيمة الواصلة من ذلك المركز الى المحيط تكون متساوية
عندما تسح الابعاد المتساوية ويطلق على هذه الخطوط المستقيمة اسم انصاف
الاقطار فاذن تكون جميع انصاف اقطار الدائرة متساوية

ومتى كان نصف القطر متقابلين احدهما على يمين المركز والاخر على يساره فان
الخط المستقيم المنفرد المتألف منهما يسمى قطر الدائرة

وحيث كانت θ هي من مركز دائرة $\alpha\beta\delta\epsilon$ (شكل ١) كانت جميع
انصاف اقطار $\theta\alpha$ و $\theta\beta$ و $\theta\gamma$ و $\theta\delta$ و $\theta\epsilon$ متساوية
واذا اتلف من نصف قطر $\theta\alpha$ و $\theta\delta$ خط مستقيم كخط $\alpha\delta$
فهم هذا الخط هو قطر الدائرة

وكل قطر مثل $\delta\alpha$ (شكل ١) يقسم الدائرة الى قسمين متساويين
ويكفي في اثبات ذلك اثني جزء $\delta\alpha\beta$ على جزء $\delta\alpha\epsilon$ بتدوير $\delta\alpha\beta$
حول قطر $\delta\alpha$ كلوب فاذا وقعت نقطة من محيط $\delta\alpha\beta$ في داخل
محيط $\delta\alpha\epsilon$ كانت قريبة من المركز واذا وقعت في خارجه كانت
بعيدة عنه وهذا غير ممكن حيث ان جميع نقط محيط $\alpha\beta\delta\epsilon$
على بعد واحد من المركز فاذا ن ينطبق محيط $\delta\alpha\beta$ بالكلية على
 $\delta\alpha\epsilon$ ويكون جزا الدائرة المنفصلان عن بعضهما بقطر $\delta\alpha$
متساويين .

ويطلق اسم الوتر على كل خط مستقيم كخط $م\epsilon$ (شكل ٢) منته
من كتا جهتيه بمحيط الدائرة ويطلق قوس الدائرة على كل جزء من المحيط كجزء
 $م\epsilon$ ويطلق اسم السهم على جزء $م\epsilon$ من نصف قطر θ ح خ
العمودي على الوتر وهو منحصر بين الوتر والقوس

وهذه الاسماء منقولة من اسماء الخشب الذي كان يستعمله القدماء حيث
يشدونه بوتر على هيئة جزء من المحيط تقريبا (شكل ٣) ويطلقون عليه
اسم القوس وهو معد لرمي السهام الموضوعة على منتصف الوتر في اتجاه
عمودي عليه ومن ذلك يعلم ان التطبيق واسطة في انصاف دائرة العلوم
وفي نقلها لاسماء صارت فيها من قبيل الحقائق العرفية

وكل نصف قطر مثل $\theta\alpha$ ح خ (شكل ٢) العمودي على وتر $م\epsilon$
يقسم القوس والوتر الى قسمين متساويين

ولا ثبات ذلك عند نصف قطر $\theta\alpha$ و $\theta\delta$ اللذين هما خطان

مائلان متساويان بالنسبة الى عمود θ فينتج اولا $\theta = \theta$
وكذلك يكون وزا θ و θ مائلين متساويين واذا تينا θ
على θ θ م فان نقطة θ تقع على نقطة θ وقوس θ ضه θ
على قوس θ θ بحيث لا يمكن ان تقع نقطة مامن نقط القوس الاول
داخل الثاني واخارجه من غير ان تكون قريبة او بعيدة من مركز θ *
ثانيا ان قوسي θ θ و θ ضه θ يكونان متساويين
(اجراء العملية في رسم الخطوط)

يتألف من الخاصية التي ذكرناها آنفا عمليات نافعة جدافي فن الرسم وفي اغلب
الفنون التي ينبغي ان نجعل لها القيسة جيدة الضبط
فتستعمل اولا لقسمة قوس الدائرة الذي هو θ (شكل ٤) الى
قسمين متساويين ولذلك نأخذ بيكارا ونقحه على قدر الكفاية (اعني اكثر
من نصف θ) ثم نضع θ احد طرفي البيكار ونرسم بالطرف
الآخر قوس الدائرة وهو θ ثم نأخذ الطرف الثاني من البيكار
ونضعه على θ ونرسم بالطرف الآخر منه قوسا ثانيا كقوس θ ضه θ
بشرط ان نهم في عدم فتح البيكار وغلقه وقت اجراء العملية وتكون نقطة
ضه التي يجتمع فيها القوسان على بعد واحد من نقطتي θ و θ فاذن
نصير موضوعة على العمود الواقع على θ المار بمنصف هذا المستقيم
وبمركز الدائرة وهذا الخط المستقيم هو الذي يقسم وتر θ وقوس
 θ الى قسمين متساويين .

فاذا لم يعلم وضع المركز يكفي ان نرسم من جهته قوسي θ و θ
بقنحة واحدة من البيكار فيكون مركز الاول θ والثاني θ ونصير
نقطة θ كنقطة θ على العمود الذي يقسم وتر θ وقوسه
الذي هو θ الى قسمين متساويين

واذا علمنا ثلاث نقط من محيط الدائرة كنقط θ و θ و θ (شكل ٥)
امكن ان نحدد وضع المركز ومقدار نصف القطر ونرسم نفس المحيط

ويكنى لذلك ان تنزل على حسب الطريقة التي ذكرناها اولا من منتصف
 م د خط غ ا عمودا على م د وثانيا من منتصف د و خط
 و ر عمودا على د و وعند من نقطة ث التي يلاقى فيها عمودا
 ش غ و ه ث ر معا خطوط ش م و ث د و ث و المائلة
 فتصير متساوية فاذن تكون خطوط ش م و ث د و ث و ثلاثة
 انصاف اقطار للدائرة المطلوبة التي تكون نقطة ث مركزها

ومنى كان ا ب و د ه و ف ص غ التي هي اوتار الدائرة
 (شكل ٦) متوازية فان اقواس ا د و ب ه و د ف و ه غ
 الخ التي في هذه الاوتار تكون متساوية

ولا ثبات ذلك عند من مركز ث نصف قطر ش م د ح عمودا
 على سائر الاوتار فيقطع كل واحد منها الى جزئين متساويين وزيادة على ذلك
 اذا قابلناه بطول الاقواس المطابقة لهذه الاوتار ترتب على ذلك ان قوس
 ح ا يساوي قوس ح ب وقوس ح د يساوي ح ه و ح ف
 يساوي ح غ

ويترتب على ذلك ان قوس ا د يساوي ب ه و د ف يساوي
 ه غ

وقد يكون مستقيم س ح ص (شكل ٦) العمودى على نصف
 قطر ث ح من الدائرة والممتد من نهاية نصف القطر المذكور واقعا
 بخارج الدائرة ولا يتخذ معها الا في نقطة واحدة كنقطة ح فاذن
 يكون هذا المستقيم مماسا للدائرة ولا يمكن ان يمر مستقيم آخر من نقطة ح
 بين الدائرة ومماسها الذي هو س ح ص

وبيانه ان يقال حيث كان نصف القطر عمودا على مستقيم س ح ص فان
 نقطة ح التي هي موقع هذا العمود تكون اقرب لمركز ث الموضوع
 على هذا العمود مما عداها من النقط الاخرى كنقطة س او ص لان

البعد الحاصل بين نقطة س او ص ونقطة ث مقيس بالمائل الذي يكون بالضرورة اطول من عمود ث ح فاذن ~~تكون~~ سائر نقط مستقيم س ح ص موضوعة خارج الدائرة ما عند نقطة ح وللقنون في هذه الخواص الموجودة في الدائرة منفعة عظيمة بالنسبة للمستقيمات المماس لها

ويمكن في مبدع الاسرار ادارة الدائرة حول مركزها الذي هو ث المفروض انه ثابت وفي هذه الحركة يكون تماس س ص ثابتا و يترتب على ذلك امر ان احدهما ان الدائرة لا تتجاوز س ص ثانيهما انهما تماس دائما س ص في نقطة ح البعيدة عن مركز ث بمسافة مساوية لنصف قطر ث ح وبناء على ذلك اذا من مستقيم ثابت الدائرة في نقطة وكان مركز تلك الدائرة ثابتا على محور فيمكن ادارة هذه الدائرة بدون ان يلحق الانسان مشقة في بعده عن هذا الخط المستقيم او في دفعه عنه
(اجراء العملية في خرط جسم متحرك بواسطة آلة ثابتة)

يستعمل الخراط هذه الخاصية لقطع سطح مستو على حسب محيط مستدير بان يدير المستوى حول نقطة ثابتة كنقطة ث المجمولة مركز الدائرة ثم يوجه آلة سادة على اتجاه تماس س ص فتؤثر هذه الآلة القاطعة في نقطة ح وتكون جميع اجزاء المستوى المنفصلة عن بعضها بالآلة بعيدة عن نقطة ث بمسافة اكبر من ث ح وعلى ذلك تكون جميع تقط المحيط المنفصلة ايضا على هذا الوجه على بعد ث ح من المركز فاذن يكون هذا المحيط محيطا للدائرة

(اجراء العملية في عمل الاجزاء المعدة لسن الآلات او تسطيج السطوح)
تستعمل الخاصية المتقدمة في عمل الاجزاء الصالحة لسن الآلات وتسطيج الاجزاء المستقيمة من سطح جاد من نتائج الصناعة بان يمسك الجسم المراد سنه او تسطيحه باليد او غيرها ويتكأ به على حجر مستدير الشكل فان كان مركز هذا الحجر ثابتا ومحيطه محكم الضغط عند ادارته كان سطحه مماسا دائما

للاجسام المراد منها وتسطيحها
ولا توجد هذه الخاصية في شكل غير شكل الدائرة لانه عند ادارة هذا الشكل
تحدث اوقات يبعد فيها الشكل المذكور عن الاجسام الثابتة واوقات اخرى
يدفعها عن نفسه

وعوضا عن كونها اقرب ان الدائرة متحركة ومماس $س ص$ ثابت
نقرب عن عكس ذلك اعني ثبات الدائرة ونحرك $س ص$ مستقيم مع جعل
هذا الخط المستقيم بعيدا عن مركز $ث$ بمقدار يساوي نصف القطر
فلا يزال مماسا لمحيط الدائرة

(اجراء العملية في خط الاجسام الثابتة)

تستعمل هذه الطريقة لقطع الاجسام الثابتة مع الاستدارة وفي هذه الحالة
تكون الآلة هي التي تدور حول المركز ويستدل على الجهة التي من الآلة
بمماس $س ص$ وعلى نفس القاطع بنقطة $ح$
ونؤلف بطريقة مختلفة بين حركة الدائرة ومماساتها

(اجراء العمل في التدوير)

اذا فرضنا ان مماس $س ص$ لا يزال ثابتا وادركنا الدائرة فوقه بحيث
يكون كل جزء صغير من المحيط موضوعا على جزء آخر من المماس على التوالي
من غير ان يتقدم او يتأخر الى جهة الامام والخلف فانه يحصل عندنا الحركة
التي يطلق عليها اسم التدوير وذلك من اعظم المهمات في الفنون

وفي هذه الحركة لا يزال مستقيم $س ص$ مماسا للدائرة حيث انه يمس دائما
محيطها في نقطة واحدة فاذا بقي مركز الدائرة بعيدا عن مستقيم $س ص$
بمسافة مساوية لنصف قطر $ث ح$ وفي التدوير الكامل على خط
 $س ص$ المستقيم يكون مركز الدائرة متحركا على مستقيم آخر مواز
لاستقامة $س ص$ واذا كان هذا الخط المستقيم اقربا كان مركز الدائرة
تابع الخط افقي ايضا

فاذا دار كل خط من هذه الكيفية على الخط المستقيم الافقي فان النقطة

المركزية او غير المركزية تصعد نارة وتهبط اخرى فاذن لا يكون للنقل الحاصل في هذا الخط الذي هو عجلة غير مستديرة انتظام ولا اطافة وهذا هو الحامل لنا على ان نجعل شكل الدائرة لسائر عجالات العربات المعدة لنقل ارباب السياحة والاشياء .

(اجراء العملية في الحركات المتوازية)

يتحصل لنا من خاصية الدائرة التي نحن بصدد هاطريقة وجيزة سبله لتحريك نقطة بالتوازي على مستقيم معلوم ويكفي الصاق هذه النقطة بمركز الدائرة التي تدور حول مماسها الثابت

واذا مددنا خط $س هـ$ (شكل ٦) . وجعلناه موازيا لخط $س ص$ بمسافة مساوية لنصفي قطر $ش ح$ اول قطر الدائرة الذي هو $ح ث خ$ فان $س هـ$ يمر حينئذ بنقطة $خ$ التي هي نهاية قطر $ح خ$ ويكون مماسا للدائرة كخط $س ص$ واذا اردنا حينئذ الدائرة على $س ح ص$ فانها لا تنقطع عن تماس $س هـ خ هـ$ بحيث ان مسافة المتوازيين واحدة

(اجراء العملية في تركيب الآلات)

متى اردنا ان نحرك بالتوازي مسطرة او بروزا مستقيما مع غاية الضبط على مستقيم معلوم فالتأناخذ حلقة او حلقات متساوية القطر ذات شكل مستدير مضبوط ونضعها بين المستقيم المجموع قاعدة والمسطرة او البروزا المراد تحركه فاذن لا يبقى علينا الا ان نجذب او ندفع مع مماسة الحلقات المسطرة او البروزا على حسب لوازم الآلات التي تكون المسطرة او البروزا جزأ منها ولننبه على كثرة الطرق المتنوعة التي اخذت من علم الهندسة لتستعمل في الفنون من اجل رسم الدائرة او عملها بواسطة الخطوط المستقيمة وعكسها اي رسم الخطوط المستقيمة او عملها بواسطة الدوائر ومن اجل تحصيل الحركات المستقيمة بواسطة الحركات المستديرة والحركات المستديرة بواسطة الحركات المستقيمة والتعويل على المدرسين في اظهرهم هذه التطبيقات للتلامذة

وبعد مقابلة الدوائر بالخطوط المستقيمة ينبغي مقابلتها ببعضها
وذلك بان نفرض ان دائرتي **أ** و **ب** (شكل ٧) موضوعتان على
وجه بحيث يكون بعد مركزيهما وهو **أ ب** يساوي **أ و** + **ب و**
الذين هما نصف قطريهما ومن البديهي ان نقطة **و** تكون على المحيطين
معاً وزيادة على ذلك لا يمكن لنقطة اخرى كنقطة **ح** ان تكون على هذين
المحيطين معاً

وبناء على ذلك تكون الدائرتان مماسيتين لبعضهما

(اجراء العملية في نقل حركة مستديرة من محور الى آخر)

يمكن ادارة الدائرة الاولى (شكل ٧) بدون ان تنقطع عن مماسة الدائرة
الثانية المفروض ثباتها او تحركها والمفروض ايضا دورانها في جهة واحدة
كالاولى او في جهة مضادة لها بدون ان تنقطع الدائرتان في هذه الحركة عن
مماسية بعضهما وبدون ان تدخل احدهما في الثانية

ويستعمل غالباً في الفنون هذه الخاصية الهندسية لتحريك دائرة بواسطة
دائرة اخرى اما بالنظر لمجرد محاكاة المحيطات او بالنظر لامتلائها بالاسنان
المتساوية في الغلط الموضوعية على بعد واحد وحينئذ ينبغي ان يلاحظ انه
اذا كانت احدى الدائرتين تدور من اليسار الى اليمين والاخرى من اليمين الى
اليسار فانهما يتحركان بالخلاف وقد يسد على اختلاف الحركات بالاسهم
كافي (شكل ٧)

فاذا كان هناك ثلاث دوائر مماسة لبعضها مثل **أ** و **ب** و **ث**
(شكل ٧) بحيث تكون الاولى مدبرة للثانية والثانية للثالثة وكان
دوران الثانية مخالفاً للاولى ودوران الثالثة مخالفاً للثانية فان الثالثة والاولى
يدوران في جهة واحدة واذن يلزم ان يكون هناك ثلاث دوائر مماسة لبعضها
ليتولد عنها في جهة واحدة حركة مستديرة من مركز الى آخر

(بيان السير المحيطة بالدوائر)

اذا اردنا نقل حركة مستديرة الى مركز الاكبر فانا عوضاً عن ان نستعمل

دوائر كبيرة او نضاعف عددها نأخذ منها دائرتين ونجعل السير محيطاً بهما وهذا ما يمكن عمله وفيه حالتان الاولى أن يكون بدون تقاطع السيور كما في (شكل ٨) والثانية أن يكون مع تقاطعها كما في (شكل ٩) وتكون هذه السيور ممتدة بحيث يكون جزءاً م د و ح غ غير المماسين للدائرتين على مستقيم واحد ويمكن ادارة كل من هاتين الدائرتين بدون ان يتغير طول جزئى ح ا م و غ ب د المستديرين واتجاههما وكذلك طول جزئى م د و ح غ المستقيمين واتجاههما فعلى هذا اذا كان في مبدء الامر لصوق السير على المحيطات متيناً جداً بحيث يتبع السير عند ادارة الدائرة حركة واحدة وينقلها الى الدائرة الاخرى وتنقل هذه الحركة من غير مشقة بطريقة واحدة عند ادارة الدائرة الاولى .

فاذا امتد السير بكثرة الاستعمال او بتغير حرارة الجو او رطوبته لزم استعمال دائرة ثالثة كدائرة د (شكل ١٠) الى اذا نلت جزء ح غ القائم بجعله بعد ذلك في وضع ح ر و ر غ بحيث يصير موترام مع ماله من الامتداد ولاجل ذلك يكفي ان يكون تفاضل الطول بين مستقيم ح غ وجزء ح ر غ المنكسر مساوياً لطول السير وكثيراً ما تستعمل هذه الطريقة في تركيب الآلات

وهناك اختلاف ينبغى الالتفات اليه في نوعي السيور المتقاطعة او غير المتقاطعة عند الانتقال من دائرة الى اخرى وهوان الدائرتين يدوران بواسطة السيور المتقاطعة (شكل ٩) في جهات متضادة مع انهما يدوران بواسطة السيور غير المتقاطعة (شكل ٨ و ١٠) في جهة واحدة وسيأتى في آخر هذه الدروس كثير من العمليات المقررة في شأن حركة الخطوط المستقيمة والدوائر المتلاصقة لاستكمال لوازم الفتون

(بيان حركة دائرة في اخرى)

اذا قطعنا دائرة في سطح مستو فانه يتحصل لنا بالنظر للجزء المقطوع محيط محدب وبالنظر لما بقى من المستوى محيط مجوف فاذا ادركنا الدائرة المقطوعة

حول مركزها كانت سائر نقاط محيطها الملازمة لبعدها واحد من المركز بحاسة دائماً لنقطة من المحيط المجوف المقطوع في المستوى فاذن يكون المحيط المحذب عند دورانه تماساً دائماً بالمحيط المجوف في جميع نقطه ولا توجد هذه الخاصية الا في شكل الدائرة دون غيره وبالجمله فيوجد في كل شكل يمكن ادارته حول نقطة ما اجزاء من محيط الشكل البعيد كثيراً وقليلاً من هذه النقطة وهذه الاجزاء التي تكون تارة خارجة من المحيط المجوف المقطوع على المستوى وتارة لاتصل اليه تتركيزه وبينهما فراغاً وكلما اقتضى الحال ان نسد مسافة مستوسدة اجيد او كان جزء من هذا المستوى دائراً على نفسه ينبغي ان نجعل هذا الجزء على شكل الدائرة وهذا هو السبب في جعل سدادات الحنفيات والقوارير والقماقم على شكل مستدير .

(اجراء العملية في اللعب البخارية)

لستعمل الخاصية الموجودة في الدائرة استعمالاً جيداً في تركيب الآلات البخارية وهي أنها تدور على نفسها بدون ان تنقطع نقطة من نقط دائرتها عن مس المحيط المجوف المشتل عليها ونشرح لك هذا الاستعمال عند ذكر اللعب البخارية المستديرة

(تقسيم الدائرة وتطبيقها على قياس الزوايا)

ينبغي لنا معرفة قاعدة ضرورية قبل توضيح هذه القصة

وهي انه اذا كان قوسا الدائرة اللذان هما $\overline{أ م ب}$ و $\overline{د ن ه}$ (شكل ١١) متساويين فان وترى هذين القوسين وهما $\overline{أ ب}$ و $\overline{د ه}$ يكونان متساويين وكذلك اذا كان وتر $\overline{أ ب}$ و $\overline{د ه}$ (شكل ١١) متساويين ووضعنا الوتر الثاني على الاول فان قوسى $\overline{أ م ب}$ و $\overline{د ن ه}$ ينطبقان على بعضهما ويصيران متساويين فاذن اذا رسمنا في دائرة ما عدة اوتار متساوية مثل $\overline{أ ب}$ و $\overline{ب ث}$ و $\overline{ث د}$ و $\overline{د ه}$ (شكل ١٢) فان الاقواس المطابقة لهم تكون متساوية ايضاً وبناء على ذلك نقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية بقدر ما يمكن رسمه من الاوتار

* (بيان الطرق السهلة التي يمكن استعمالها في تقسيم الدائرة وهي) *

اولا لاجل تقسيم الدائرة الى قسمين متساويين يكفي ان نعلم من المركز قطر

أ ب (شكل ١٣)

ثانيا لاجل تقسيمها الى ثلاثة اجزاء متساوية ينبغي ان نقسمها الى ستة اجزاء ونعتبر كل جزئين منها بمنزلة جزء واحد (شكل ٢٥)

ثالثا لاجل قسمتها الى اربعة اجزاء متساوية يلزم ان نمد قطرها ثانيا كقطر د ه (شكل ١٣) عمودا على قطر أ ب الاول

رابعا لاجل قسمتها الى خمسة اجزاء متساوية (شكل ١٤) نبتدئ بقسمة المحيط الى عشرة اجزاء متساوية ثم نعتبر كل جزئين منها بمنزلة جزء واحد كافي الطريقة الثانية

خامسا لاجل قسمتها الى ستة اجزاء متساوية (شكل ١٥) يلزم ان نجعل نصف قطر الدائرة وتر السكل جزء

وان خط العمودى الممتد من منتصف كل وتر القاسم للقوس المحصور به الى قسمين متساويين ينشأ عنه طريقة تقسيم محيط الدائرة الى ثمانية اجزاء متساوية (شكل ١٣) وذلك اذا اعتبرنا القسمة رباعية متساوية الاجزاء وينشأ عنه ايضا تقسيم المحيط المذكور الى اثني عشر جزءا (شكل ١٥) اذا اعتبرنا القسمة سداسية متساوية الاجزاء

والجزء الخامس عشر من المحيط يساوى السدس ناقص العشر

وحيث كان من شأن هذه العمليات البسيطة انها توجد دائما في رسم الآلات ومحصولات الصناعة وجب على ارباب الحرف التمرن عليها

وبعد ذكر القواعد الصعبة الناشئة عن علم الهندسة ينبغي لنا ان نذكر قاعدة قريبة من تلك القواعد يمكن استعمالها في كثير من الصور

وحاصلها انه حيث كان نصف قطر الدائرة مساويا ١٠٠٠ كان طول كل وتر حاصر لجزء من المحيط مساويا للاعداد الموجودة في هذا الجدول بقطع

كشف رموز السر المصون

النظر عن كسور الاجاد

وتر نصف المحيط

٢٠٠٠٠

وتر ثلثه

١٧٢٣٤

وتر ربعه

١٤١٤٥

وتر خمسه

١١٧٤٦

وتر سدسه

١٠٠٠٠

وتر سبعة

٨٦٧٢

وتر ثمانية

٧٦٥٤

وتر تسعة

٦٨٤٠

وتر عشرة

٦١٨٠

وتر الجزء الحادى عشر

٥٥٢٤

وتر الجزء الثانى عشر

٥٥٧٦

وبهذا الجدول الصغير يسهل علينا إيجاد اقتراج البيكار اللازم لقسمة الدائرة الى عدة اجزاء متساوية بقدر ما يراد من ابتداء النصف الى الجزء الثانى عشر

ثم يحصل لنا فوراً بواسطة الطريقة التى ذكرناها آنفاً لاختلاف نصف القوس اقتراج البيكار الذى يطابق

١٤ و ١٦ و ١٨ و ٢٠ و ٢٢ و ٢٤ و ٢٨ الخ اضعف
٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١٤ الخ

وبعد ان بينا الطريقة السهلة لقسمة القوس الى جزئين متساويين بحشامدة طوله عن قاعدة هندسية متينة تقسم بها هذا القوس الى ثلاثة اجزاء متساوية فلم نعلم نعمر بها

(بيان استعمال اقواس الدائرة فى قياس الزوايا)

حيث كانت الزوايا قابلة للزيادة والنقصان امكن جعل احداها وحدة المقياس والاستدلال على سائر الزوايا الاخرى بارقام بدلالة على عدد المرات التى تحتوى عليها

هذه الزاوية واقسامها (راجع الدرس الاول)

وعوضا عن جعل زاوية \hat{A} \hat{B} (شكل ١٦) وحدة المقياس
استحسن اخذ قوس \widehat{AB} الواقع بين ضلعي الزاوية والمرسوم من نقطة
 \hat{C} المركزية

ومما يسهل علينا مشاهدته اننا اذا رسمنا عدة انصاف اقطار مثل \hat{A}

و \hat{B} و \hat{C} و \hat{D} على ابعاد بحيث تكون فيها زوايا

\hat{A} \hat{B} و \hat{C} و \hat{D} متساوية امكن وضع هذه

الزوايا على بعضها فاذا تـكون اقواس \hat{A} \hat{B} و \hat{C} و \hat{D}
للمنطقة انطباقا كلياً على بعضها متساوية

فاذا اخذنا اثنين او ثلاثة او اربعة من الزوايا المتساوية للاحد لتؤلف منها

زاوية واحدة فانه يلزم ان نأخذ ايضا مرتين او ثلاثا او اربعة القوس المطابق

لاجل تحصيل القوس المظروف في الزاوية الجديدة وبناءه على ذلك يكون هذا

العدد دالا على عدد مرات احتواء هذه الزاوية الجديدة على وحدة مقياس

الزوايا وبذلك ايضا على عدد مرات احتواء القوس المطابق لهذه الزاوية الجديدة

على وحدة مقياس الاقواس

ويمكن بدون تغيير هذه الاعداد ان نأخذ قياس الزوايا او الاقواس على حسب

ما يراد وقد استحسن في ذلك استعمال الاقواس وهالك كيفية العملية

وهي ان نقسم الدائرة الى اربعة اجزاء متساوية فينشأ عنها اربعة ارباع من

الخميط نستعمل قياس الزوايا الاربعة القائمة التي تستل على سائر المسافات

الموجودة حول نقطة \hat{C} المركزية
ثم نقسم كل ربع الى تسعين جزءا متساوية تسمى بالدرجات
فاذا كان يكون محيط الدائرة محتويا على ٩٠ اربع مرات او على ٣٦٠
درجة ويظهر ان هذه القسمة غير مستحسنة بالنظر للطريقة الاولى بل لا علاقة
بينها وبين القسمة على ١٠٠ او ١٠٠٠ الخ ومع ذلك فيترتب عليها

الدرجة الواحدة تساوى	١١١ ١١١	مترا
الدقيقة الواحدة تساوى	١٨٥٢	مترا
الثانية الواحدة تساوى	٣٠٨	امتار
الثالثة الواحدة تساوى	$\frac{1}{10}$	متري بعض شئ

واما على المذهب الجديد فتكون الدرجة جزأ من مائة من ربع المحيط والدقيقة جزأ من مائة من الدرجة والثانية جزأ من مائة من الدقيقة وهلم جرا وعلى ذلك تكون هذه الاجزاء بالنظر الى دائرة خط نصف النهار الارضى

هكذا

الدرجة الواحدة تساوى	١٠٠٠٠٠	متر
الدقيقة الواحدة تساوى	١٠٠٠٠	متر
الثانية الواحدة تساوى	١٠	امتار
الثالثة الواحدة تساوى	١	دسيتمو
الرابعة الواحدة تساوى	٠.١	ملتر

(بيان تقسيم الدائرة المستعمل في تركيب الآلات).

تقسيم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية من العمليات الضرورية في كثير من الفنون لاسيما في صناعة الآلات كرسم الطارات المضرسة اللازمة للتعشق والاسطوانات المعدة للغزل الميكانيكي كالقطن والكتان والتيل ونحو ذلك وبقدر الاعتنا باجراء هذه العمليات قلّة وكثرة تختلف سهولة الحركات المتولدة من التعشق وصعوبتها فلا بد من الضبط الهندسي لانه لا يمكن مجانبة ضعف القوة ووقوفها وانعدامها الا به حيث ان ذلك كله لا يحدث الا عن عدم انتظام حركة الآلات وعدم صحتها

ومن المهم كون ارباب الصنائع لا يستعملون الطارات المضرسة والاسطوانات المحوفة بدون ان يعرفوا هل هذه الاضراس والتجويفات تقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية مخاهدة ام لا ومعرفة ذلك هي التي تكسب صانعي الآلات قوة في طرق صناعاتهم وقد حصل للصناعة الفرنسية

في ذلك وفر عظيم من القوى المنقولة حتى بلغت محصولاتها اقصى الدرجات
بعد ان كانت محتاجة الى اتقان الصناعة

(بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا)

يستعمل ايباس الزوايا عدة من الآلات التي تكون فيها الدائرة منقسمة الى
درجات واجزاء درجات فيها المنقلة وهي اسمها واكثرها استعمالا
وهي نصف دائرة من الفحاس او العاج محيطها مدرج فان كانت من الخحاس
كان جزء م ح ث (شكل ١٧) ظاهرا بينا وكان مركز ث
معينا بقطعة صغيرة وفيه ايضا قطعتان صغيرتان وهما م و ح يبينان
نقطتين اخريين من قطر م ح المرسوم على المستوى الخفي اخفا محكما
بواسطة جانب م ح من الجزء المستقيم الدال على القطر وان كانت
إلا لة المذكورة من العاج فلا تحتاج للقطع المذكورة لان الرسم يظهر من
سمكها وهذا من انواع العظيمة

وتستعمل الآلة المذكورة لاخذ انقراج اى زاوية كانت كزاوية
س و ص ونقله الى وضع اخر

واذا اريد رسم مستقيم مثل **س ا ص** المار بنقطة **ا** المفروضة الذي
حدث منه ومن مستقيم **ب د** المعلوم زاوية مشتملة على عدة درجات
مثل **ا ب** فاننا نضع المنقلة بالتوازي جهة نقطة **ا** بشرط ان يكون

مركز **ث** دائما على **د د** وكذلك نقطة **د** الدالة على عدد درجات

زاوية **ا ث ب** ومتى اتصل خط **مر ن** الذي هو قاعدة المنقلة
الموازية لقطر م ح بنقطة **ا** فان هذا الخط يستعمل مسطرة لرسم

خط **س ص** المطلوب حيث ان لهذه القاعدة سمكا ظاهرا

(الغرافومتر)

هي آلة عند المساحين مضاهية للمنقلة وموافقة مثلها من نصف محيط
مقسوم الى عدة درجات غير انها اكبر منها وهي موضوعة على رجل لها

ثلاثة فروع وعلى اطراف نصف محيطها المدرج الواح صغيرة من النحاس وفيها انقراج مستقيم عمودي على مستوى الدائرة وبواسطة الانقراجين اللذين يطلق عليهما اسم العيون عند الوقوف خلف احدهما والنظر الى الآخر ندير الغرافومتر الى ان تصير في الاتجاه الصحيح لغرض معلوم والقطر المتحرك حول المركز له ايضا عيناان فتديره من النقطة التي اذا نظرنا فيها بواسطة الانقراجين نجد غرضا ثانيا في هذا يظهر لنا قياس الزاوية المؤلفة من خطين مستقيمين مارين بمركز الغرافومتر وبغرضين محدودين كل على حدته ونجد فوق مدرجات الآلة الدرجات التي تفصل القطرين وهذا العدد هو مقدار الزاوية المطلوبة

وهناك آلات اخرى صالحة لقياس الزوايا غير انها ليست الاربع الدائرة المدرجة وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المربعة واخرى ليست الاسدسها وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المسدسة واخرى ليست الا الثمن وهي التي يطلق عليها اسم الآلات الثمينة وتستعمل جميع هذه الآلات في عمليات علم الجغرافيا اى مساحة الارض وفي عمليات الملاحة لاجل قياس الوضع الخاصى للاجسام الارضية والكواكب عند ركوب البحر ويستعمل لذلك الدوائر الكاملة التي تسمى باسم الدوائر المكررة لانه يكرر فيها المحفوظات بحيث ان الغلطات المتنوعة التي يمكن حصولها في العمليات المختلفة يمكن اصلاح بعضها فيقل مجموعها

وبقطع النظر عن العيوب اللازمة لتكوين هذه الآلات يوجد فيها غلط اصلي من حيث عدم تساوى تقسيمات الدائرة لانه لا يمكن ايد الانسان ان تفصل الى هذه التقسيمات كما يتصورها عقل المهندس اعنى مع الصحة الدقيقة بل انه ينقص الغلطات الخفية بان يبحث عن معرفتهم بواسطة الآلات التي تجعل الغلطات اليسيرة محسوسة ظاهرة

(بيان الآلات المعدة لتقسيم الدوائر)

قد صنعوا آلات معدة لتقسيم الدوائر مع غاية السرعة والضبط وكيفيةها

انهم يرسمون على لوح مثلاً كثيراً من الدوائر المتحدة المركز ولاجل الانتقال من الدائرة الصغرى الى الدائرة الكبرى يقسمون بالتوالي الاولى الى ثلاثة اجزاء متساوية والثانية الى اربعة والثالثة الى خمسة والرابعة الى ستة والخامسة الى سبعة وهلم جرا

وينبغي مزيد التدقيق والاهتمام في القسمة الاولى واختبارها عدة مرات بواسطة احدى القواميد التي ذكرناها آنفاً

فاذا فرضنا الآن ان المطلوب تقسيم دائرة اخرى او جزء دائرة الى اجزاء متساوية فانه ينبغي وضع هذه الدائرة الجديدة على وجه بحيث يكون مركزها على محور واحد مع جميع الدوائر المدرجة (وفي هذه الحالة ينبغي للمعلم ان يرسم الالة مع مشاهدة الالة المعدة لتقسيم)

ولا تكون هذه العملية مضبوطة الا اذا كان مركز القطعة المراد تقسيمها بالدرج موضوعاً على المركز المشترك بين الدوائر المدرجة قبل ذلك وقد عرف مسيو غنبي الطوائف الشهيرة الفرنسية بواسطة الاستعمال السهل للمتوازيات طريقة تدارك الضرر وتقسيم المحيط الذي ليس متعدد المركز مع اللوح المقسوم سابقاً مع غاية الضبط

ولنفرض ان أ ب هي القطعة التي يراد عليها رسم قوس الدائرة الذي هو أ ب المنقسم الى درجات موائفة بالكمية لدرجات اللوح وان

مستطيل ش م ن ح خ القائم الزوايا يكون موضوعاً على وجه بحيث يكون ضلعاه الذان هما ش م و ح خ متجهين دائماً

مركز ب من قطعة أ ب المراد تقسيمها ولا يكون هذان الضلعان متحركين الا بانتوازي لموضعهما الاملى وحين يدور اللوح بكمية

ككمية ٥٠ درجة فان ضلع و ش يتحول الى و ش ا وضلع ش ب

يتحول الى ش - وتكون زاوية ا ش - مساوية ٥٠ درجة لكن في هذا التحويل لا يوجد تغير في انجاء مستطيل ش م ن ح خ المتحول

لى هذه الحركة ويكون خط $ح خ$ دائما على مستقيم واحد مع مركز القوس وهو $ث$ فينتج اذن صورتان اولاد $ال$ $خ$ يعين $ع$ على قطعة $ا ب$ عدة نقط متساوية البعد من نقطة $ث$ المركزية اعني قوس الدائرة التي مركزها $ث$ ثانيا اذا دار السطح درجة واحدة فان $ال$ $خ$ يسيرا يصاد درجة واحدة على القطعة المراد قسمتها .
 * (الدرس الرابع) *

في بيان الاشكال المتنوعة التي يمكن جعلها المحصولات الصناعة بواسطة الخط المستقيم والدائرة

قد يو جب في الاشكال المستوية بخطوط مستقيمة اشكال منتظمة وغير منتظمة وبسيطة ومركبة ولنقتصر على تعريف الاشكال المستعملة كثيرا عند ارباب الفنون فنقول

لا يمكن ان الخطمين المستقيمين المتوازيين او غير المتوازيين يملآن بالكلية مسافة

واقل ما يلزم لتحصيل هذه النتيجة ثلاثة خطوط غير متوازية ويطلق اسم المثلث المستوي على المسطح المملوء بثلاثة خطوط مستقيمة ولا بد ان يميز في كل مثلث كمثلث $ا ب ث$ (شكل ١) اضلاعه الثلاثة التي هي $ا ب$ و $ب ث$ و $ث ا$ وزواياه الثلاثة ورؤسها الثلاثة التي هي $ا$ و $ب$ و $ث$.

وفي زوايا كل مثلث خاصية شهيرة للفنون وهي ان مجموعها يساوي دائما زاويتين قائمتين اي ما كان عظم المثلث وشكله

ولاجل البرهنة على ذلك (شكل ٢) نمد ضلع $ا ب$ الى $ب ه$ ونجعل $ب د$ موازيا لخط $ا ث$ وحيث كان متوازيا $ا ث$ و $ب د$ مقطوعين بمستقيمي $ا ب ه$ و $ب ث$ نحصل معنا اولاً ان زاوية $ث ا ب$ تكون متساوية لزاوية $د ب ه$ ثانياً ان زاوية

ا ب ث تكون مساوية لزاوية ث ب د فاذن يكون مجموع

ا ب ث و ب د و التي هي زوايا مثلث ا ب ث الثلاثة مساويا

لمجموع زوايا ا ب ث و ث ب د و د ب ه الثلاثة التي

تشغل جميع المسافة من جهة مستقيم ا ب ه بمعنى أنه يساوي زاويتين

قائمتين

ومن الآن فصاعدا متى امكن معرفة زاويتين من المثلث امكن معرفة الثالثة

وبكفي لذلك الجمع والطرح

ولنفرض مثلا ان مقدار احدى هاتين الزاويتين $\frac{5}{37}$ والاخرى $\frac{5}{49}$

فاذا اضفنا ٤٩ الى ٣٧ كان مجموعهما ٨٦ درجة فاذا طرحنا

هذا المجموع من زاويتين قائمتيهما او من $\frac{90}{18}$ كان الباقي ٩٤ درجة

فاذن تكون الزاوية الثالثة مساوية ٩٤ درجة

وحيث ان مجموع ثلاث زوايا كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين ينبغي ان

احدى الزوايا تساوى صفرا اعني انها تكون معدومة بالكلية حتى يصير

الزاويتان الاخرتان قائمتين فاذن لا يكون المثلث محتويا الا على

زاوية قائمة

ومن باب اولي لا يكون في مثلث ا ب ث (شكل ١) الا زاوية

منفرجة كزاوية ا اعني انها اكبر من زاوية قائمة وهذا ما يسمى بالمثلث

المنفرج الزاوية

ويمكن ان تكون زوايا مثلث ا ب ث الثلاثة حادة (شكل ٢)

فيطلق عليه اسم مثلث حاد الزوايا.

ومثلث ا ب ث قائم الزاوية (شكل ٢٣) هو الذي يحتوي على زاوية قائمة

مثل ب ووتر الزاوية القائمة الذي هو ا ب هو الضلع الاكبر المقابل

لهذه الزاوية

ولتقابل الآن اضلاع المثلث ببعضها فتقول .

حيث إن الخط المستقيم هو أقصر بعد يصل بين نقطتين تحصل لنا من ذلك أنه في كل مثلث يكون الضلع الواحد أصغر من مجموع الضلعين الآخرين

والضلع الأكبر هو $\overline{أث}$ من ضلعي المثلث اللذين هما $\overline{أب}$ و $\overline{أش}$ هو المقابل للزاوية الكبرى وهي $\overline{ب}$ من هذا المثلث (شكل ١)

ولذا نأخذ $\overline{أب} = \overline{أث}$ و $\overline{أش} = \overline{أث}$ ثم نمد $\overline{أب}$

و $\overline{أش}$ فتكون زوايا $\overline{أب}$ و $\overline{أش}$ و $\overline{أب}$ و $\overline{أش}$

و $\overline{أش}$ متساوية وزيادة على ذلك تكون زاوية $\overline{أب}$ و $\overline{أش}$ أكبر

من زاوية $\overline{أب}$ و زاوية $\overline{أش}$ أصغر من زاوية $\overline{أش}$

فإن تكون زاوية $\overline{أش}$ أكبر من زاوية $\overline{أش}$

(شكل ٣) المثلث المتساوي الأضلاع هو ما كانت أضلاعه الثلاثة متساوية

كمثلث $\overline{أبث}$

(شكل ٤) المثلث المتساوي الساقين هو ما كان فيه ضلعان متساويان فقط

كمثلث $\overline{أبث}$

فإذا اعتبرنا ضلعي $\overline{أش}$ و $\overline{أب}$ المتساويين (شكل ٤) مائلين

بالنسبة لقاعدة $\overline{أب}$ فإن عمود $\overline{أش}$ يقع على منتصف هذه القاعدة

ويقسم المثلث إلى جرتين متساويين ويكون تماثلهما مثبتا لتعريف انتظام

المثلث المتساوي الساقين

ولاجل تكميل قوانين التماثل يسقف بناوون أغلب البيوت والعمارات العامة

بسطح جانب مثلث متساوي الساقين وقد كان هذا المثلث منفرج الزاوية

في هياكل اليونان القديمة وفي بيوت إيطاليا (شكل ٥) وحداثا زوايا

في سقفوف النواقيس والعمارات الغوطية القديمة (شكل ٦)

وإذا أريد رفع الاسحال يستعمل لذلك آلة تسمى بالملف أي آلة الجدي (شكل ٧)

وهي مركبة من قطعتي خشب متحدتي الطول ومتصلتين من احد طرفيهما
في نقطة θ ومنفصلتين من الطرف الاخر بعارضة ab وغير الحبل
المستعمل لرفع حمل d بيكرة ثابتة في نقطة θ ويكون مثلث $ab\theta$
المدلول عليه بالآلة الجدي تماثلا اي متساوي الساقين فاذن يكون العمود
النازل من نقطة θ على قاعدة ab قاسما لتلك القاعدة الى قسمين
متساويين

ويحتاج غالباً في القنون الى رسم مثلث يعلم منه بعض اجزاء وهالك كيفية
العمل

اولا اذا عرفنا ثلاثة اضلاع يعبر عنها برقم ١ و ٢ و ٣ (شكل ٩)
فاننا نبدأ برسم خط مستقيم كخط ab مساو لضلع ٣ في الوضع الذي
ينبغي فيه رسم المثلث ثم نرسم من نقطة a المعتبرة مركزا بواسطة انقراج
بيكار مساو لضلع ٢ قوس الدائرة الذي هو $m\theta$ ونرسم من نقطة
 b المعتبرة مركزا ايضا بواسطة انقراج بيكار يساوي ضلع ١ قوس
الدائرة الذي هو $h\theta$ ثم نحدد من نقطة θ التي ينقطع فيها القوسان
مستقيمي θa و θb فيكون $ab\theta$ هو المثلث
المطلوب

ثانيا متى علم بضلعان كضلعي ١ و ٢ وزاوية a (شكل ١٠)
فاننا نبدأ برسم خط ab المساوي لضلع ٢ في وضع لائق ثم نرسم بالآلة
معدة لقياس الزوايا (كالمثقلة والبيكار وغيرهما) خط at بشرط
ان تكون زاوية b at مساوية لزاوية a ونجعل at
مساويا a وبالجملة اذا مددنا مستقيم $b\theta$ حصلنا المثلث
المطلوب

ثالثا متى علم بضلع a وزاويتا a و b اللتان رأسهما في نهايتي هذا
الضلع (شكل ١١) فليبدأ برسم المثلث at نرسم خط ab مساويا

١ ثم نرسم على التوالي بواسطة آلة معدة لنقل الزوايا مستقيمي ا ب
و ب ث اللذين يحدث منهما مع خط ا ب زاويتا ا و -
فاذن يكون ا ب ث هو المثلث المطلوب
وحيث كانت هذه العمليات وجيزة بالكلية وجب على المدرسين تكرارها
في اغلب الاوقات للطلبة بواسطة المسطرة والبيكار
وقد ذكرنا آنفا لرسم المثلث ثلاث صور اولا بفرض ثلاثة اضلاع معلومة
ثانيا بفرض ضلعين والزاوية الواقعة بينهما ثالثا بفرض زاويتين والضلع
المختصر بين رأسيهما وقد وجدنا هذه المقروضات كافية في كل صورة
فاذن ينتج اولا انه اذا تساوت اضلاع المثلثين مثني مثني كان هذان المثلثان
متساويين وهذا هو المثلث المرسوم بواسطة المقروضات في مواضع
مختلفة

ثانيا. اذا كان ضلعان من اضلاع المثلثين والزاوية الواقعة بينهما متساوية
في المثلثين المذكورين من كلتا الجهتين كان المثلثان متساويين
ثالثا اذا كانت زاويتان من زوايا المثلثين والضلع الواقع بينهما متساوية من
كلتا الجهتين فان المثلثين يكونان متساويين

فاذن (شكل ٨) اذا كان مثلثا ا ب ث و ا ب ث متساويين
تقول

اذا فرضنا في النتيجة الاولى ان ا ب يساوي ا ب و ب ث يساوي
ب ث و ا ث يساوي ا ث وفي الثانية ان ا ب يساوي ا ب
و ب ث يساوي ب ث و زاوية ب تساوي زاوية ب وكان
كل من زاويتي ب و ب منحصرا بين ا ب و ب ث و ا ب
و ب ث وفي الثالثة ان ا ب يساوي ا ب و زاوية ا تساوي
زاوية ا و زاوية ب تساوي زاوية ب فان ذلك يستلزم ما ياتي

وهو ان ارباب الصنائع يتذكرون دائما هذه الشروط الثلاثة الخاصة بتساوى
المثلثات ويستعمل هذا التساوى بكثرة في عمليات الصناعة وفي براهين الهندسة
والميكانيكة

فاذا فقد احد الشروط الثلاثة التي بمقتضاها يكون المثلثان متساويين لم يمكن
تساوى هذين المثلثين حيث ان في احدهما زاوية او ضلعان مساويين له في
المثلث الاخر ويجب علينا اذا اردنا ممارسة الفنون بطريقة واضحة ان نعرف
بإشارات سهلة الشروط اللازمة لكل عملية وبهذه الشروط لا يحصل الغلط
في العملية بل يكون وجوده اذ لا على صحة تلك العملية

(بيان الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة)

هناك اشكال مثل **ا ب ث د** (شكل ١٢) مغلوقة غلقا محكما
بواسطة اربعة خطوط مستقيمة لها اربع زوايا واربعة رؤس مثل **ا و ب**

و د

ويطلق اسم قطري الشكل على خطي **ا ث و ب د** المستقيمين اللذين
يصلان رؤس الزوايا المتقابلة ببعضها

والاشكال التي لها اربعة اضلاع تختلف في الانتظام

فشيبه منحرف **ا ب ث د** (شكل ١٣) هو شكل له اربعة اضلاع

اثنان منها متوازيان كضلع **ا ب و ث د**

وقد يكون شبيهه المنحرف مستطيلا (شكل ١٤) اذا كان الضلع الثالث

الذي هو **ب ث** عمودا على ضلعي **ا ب و ث د** المتوازيين

ويكون شبيهه منحرف **ا ب ث د** (شكل ١٥) عندما اذا كان

ضلعا **ا د و ب ث** غير المتوازيين حائلين على حد سواء بالنسبة
للضلعين الآخرين

ويتركب السطح بالنظر لبعض العمارات المنتظمة من مثلث متساوي

السابقين كمثل $م د ث$ (شكل ١٥) في الجزء الاعلا من هذا السطح ومن شبيهه منحرف متماثل مثل $ا ب ث د$ في الجزء الاسفل منه وهذا ما يسمى بالفرنساوية مناسرد اخذ من اسم مناسرد البناء المخترع لهذا السطح ويكون منتصب $م ه ف$ خط تماثل المثلث وشبيهه المنحرف المذكورين

ومتوازي الاضلاع (شكل ١٦) هو ما كانت اضلاعه الاربعة موازية لبعضها اثنين اثنين

* (بيان اجراء العمليات) *

متوازي الاضلاع هو الذي يستعمل دائماً في الفنون وبكثرة في تركيب الآلات التحصيل ما يطلق عليه اسم الحركة للتوازية

وعلى حسب خواص المتوازيات التي ذكرناها في الدرس الثاني تكون زوايا متوازي الاضلاع المتقابلة اعني زاويتي $ا و ث$ من جهة وزاويتي $د و ب$ من جهة اخرى متساوية ويكون اثنان منها حادثين واثنان منفرجتين وزيادة على ذلك اذا اضغنا زاوية حادة الى زاوية منفرجة كان مجموعهما مساوياً لزاويتي قائمتين

وبناء على ذلك اذا مددنا الى $ث ه$ (شكل ١٦) ضلع $د ث$ وكان مستقيماً $ا د و ب ث$ متوازيين فان زاوية $ا د ث$ تكون مساوية لزاوية $ب ث ه$ وزاويتي $د ث ب و ب ث ه$ يساويان زاويتي قائمتين

وحيث اثبتنا (في الدرس الثاني) ان المتوازيين المنحصرين بين متوازيين آخرين متساويان ينتج من ذلك ان اضلاع متوازي الاضلاع المتقابلة تكون

متساوية فاذن $ا ب$ يساوي $ث د$ و $ا د$ يساوي $ب ث$ ونقطة $و$ التي يتلاقى فيها قائمزا المشكل موجودة في منتصف $ك ل$

منهما

وبيانه ان يقال حيث ان اوث و دوب (شكل ١٦) هما
 قطرا الشكل يكون مثلثا ابو و دثو متساويين وذلك
 لانه اولا اب = دث * ثانيا زاوية ودث = زاوية
وبأ * ثالثا زاوية وشت = زاوية واب على حسب
 خواص المتوازيات فاذن وب = ود و وا = وث

واكبر قطري الشكل اللذين هما اث و بد (شكل ١٧) هو
 ما كان مقابلا زاويتي ب و د الكبيرين وهو اث كما سبق
 وبيانه اننا اذا رسمنا خطي ده و شف عمودين على ضلعي اب
و ثد فان هذين العمودين يكونان متساويين ولكن ه ب اصغر
 من اف فاذن يكون دب اقصر من مائل اث

ويطلق اسم المعين على متوازي اضلاع ابثد (شكل ١٨) الذي
 اضلاعه الاربعة متساوية وهذا الشكل ظريف بسبب انتظامه وهو كثير
 الاستعمال في فنون الزينة
 فاذا كان ضلعان من متوازي الاضلاع على شكل زاوية قائمة فان اضلاعه
 الاربعة تكون كذلك

وبيان ذلك انه اذا كانت زاوية ا (شكل ١٩) قائمة في متوازي
 اضلاع ابثد كان ضلع اد عمودا على ضلع اب وكذلك
بث بالنسبة لضلع اب وكانت زاويتا ا و ب قائمتين
 وكذلك زاويتا د و ث المساويتان لهما

وفي هذه الحالة يطلق على الشكل اسم المستطيل (شكل ١٩) وهو الذي
 يكون فيه ايضا اث و بد اللذان هما قطرا الشكل متساويين

ولاجل البرهنة على ذلك يكفي ان نلاحظ ان مثلثي $\triangle ABC$ و $\triangle DEF$ القائمة تساوي زاوية $\angle A$ القائمة * ثانيا لان ضلع AC مشترك بين المثلثين فيكون متساويا بالنظر لكل منهما * ثالثا لان ضلع BC من زاوية $\angle D$ في المثلث الاول يساوي ضلع AB من زاوية $\angle A$ في المثلث الثاني فاذن يكون ضلع AB الثالث من زاوية $\angle D$ مساويا لضلع DE الثالث من زاوية $\angle A$ وحيث ان $\triangle ABC$ و $\triangle DEF$ قطري الشكل

وتكون الاضلاع الاربعة من مربع $ABCD$ (شكل ٢٠) متساوية وكذلك زواياه الاربعة

فاذا اختصرنا خواص الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة لزم ان نذكر الكيفيات الآتية التي ينبغي ان تكون راسخة في عقول الصنایعية وهما:

بيانها .
ففي المربع تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة وكذلك اضلاعه الاربعة تكون متساوية ويكون قطرها شكله متساويين ايضا

وفي المستطيل تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة ويكون ضلعا الطويلان متساويين وكذلك ضلعا القصيران ويكون قطرها شكله متساويين ايضا

وفي المعين تكون اضلاعه الاربعة متساوية ويكون فيه زاويتان منفرجتان متساويتين وزاويتان حادتان متساويتين ايضا ويكون قطرها شكله غير متساويين

ويكون في متوازي الاضلاع ضلعان كبيران متساويين وزاويتان كبيرتان متساويتين وضلعان صغيران متساويين وزاويتان صغيرتان متساويتين ويكون قطرها شكله غير متساويين ويكون اكبرهما مقابلا للزاويتين الكبيرتين واصغرهما مقابلا للزاويتين الصغيرتين

* (بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة) *

اذ اثنين جزأ من هذه الاشكال على جزء آخر مساو له فالتان برهن ^{اولا} على ان شبهه المنحرف ذا الاضلاع المماثلة المتساوية (شكل ١٥) يكون متماثلا بالنسبة لمستقيم ^{هـ} المار بمنتصف قاعدتيه وثانيا على ان المستطيل (شكل ١٩) يكون متماثلا بالنسبة لكل خط مستقيم ممتد من منتصف الضلعين المتقابلين وثالثا على ان المعين (شكل ١٨) يكون متماثلا بالنسبة لاحد قطري شكله ورابعا على ان المربع (شكل ٢٠) يكون متماثلا بالنسبة لقطري شكله وبالنسبة لكل خط مستقيم مار بمنتصف اضلاعه المتقابلة ولهذا التماثل الموجود في الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة فائدة عظيمة في الفنون والميكانيكة

ومن المعلوم ان مجموع ثلاث زوايا من كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين

وايضا كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل ا ب ث د (شكل ١٢) يمكن تقسيمه الى مثلثين كثنائي ا ب ث و ا ث د اللذين يكون مجموع الزوايا الثلاثة في كل منهما مساويا لزاويتين قائمتين وزيادة على ذلك يكون مجموع الزوايا الستة من هذين المثلثين مساويا لمجموع زوايا شكل ا ب ث د الاربعة فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل ذي اربعة اضلاع مساويا لاثنتين من الزوايا مضروبتين في مثلها معاني اربع زوايا قائمة

واذا وجد شكل مخمس مثل ا ب ث د هـ (شكل ٢١) فانه يمكن

ان نغذ من رأس ا مستقيمي ا ث و ا د الى رأسي ث و د وبهذا يتقسم الشكل الى ثلاث مثلثات يكون مجموع زواياها التسعة مساويا

لمجموع خمس زوايا من شكل ا ب ث د هـ

فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل مخمس مساويا لثلاث زوايا مضروبة في اثنتين اي لست زوايا قائمة

فإذا تتبعنا هذه الطريقة وجدنا مجموع الزوايا بالنظر لكل شكل له من الاضلاع
 ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ مساويا لمجموع
 ٢ و ٤ و ٦ و ٨ و ١٠ و ١٢٠ من الزوايا القائمة
 *) (بيان ما يتعاقب بالدائرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة) *

يمكن مروراى دائرة بروس مثلث $AB\Gamma$ الثلاثة (شكل ٢٢)
 وكيفية ذلك ان نمد من Γ الذى هو منتصف AB خط ΓM وعودا على
 AB ومن Γ الذى هو منتصف $B\Gamma$ خط ΓD وعودا على
 $B\Gamma$ فتكون نقطة D التى يتلاقى فيها هذان العمودان على بعد واحد
 من رؤس A و B و Γ الثلاثة فاذن تكون هذه النقطة مركز
 الدائرة التى تمر بالنقط الثلاثة المذكورة
 وكل مثلث رؤسه الثلاثة موضوعة على محيط الدائرة يسمى مثلثا مرسوما
 فى داخل الدائرة

ومتى كان المثلث قائم الزاوية (شكل ٢٣) اعنى متى كان فيه زاوية قائمة
 كزاوية B فان نقطة Γ التى هي مركز الدائرة المارة برؤس المثلث
 الثلاثة تكون فى منتصف ضلع AB المقابل للزاوية القائمة وهذا الضلع
 يسمى كما سبق بوتر الزاوية القائمة

وهذه الطريقة يسهل بها الوصول الى ايضاح هذه القاعدة
 وهى انه فى مستطيل $AB\Gamma D$ (شكل ٢٥) يكون قطرا الشكل
 متساويين وكذلك انصافهما المشار اليها بخطوط OA و OB
 و OC و OD التى يمكن جعلها انصاف اقطار الدائرة فاذن يمكن دائما
 رسم مستطيل فى داخل اى دائرة كانت (شكل ٢٥) وبناء على ذلك يمكن
 ايضا رسم اى مربع داخل دائرة كافي (شكل ٢٦)
 واذا علم مثلث $AB\Gamma$ القابض الزاوية (شكل ٢٥٠) وازيد رسم

مثلث ا د ث مساويا له رسمنا مستطيلا في الدائرة التي يكون مركزها
في منتصف ا ث فاذن يكون قطر الدائرة المارة برؤس ا و ب
و ث الثلاثة من مثلث ا ب ث القائم الزاوية وهي نقطة ب
هو ضلع ا ب الاكبر من هذا المثلث

وينتج من ذلك انه يمكن ان يكون كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل ا ب ث د
(شكل ٢٤) الذي زاويتاه المتقابلتان وهما ب و د قائمتان
مرسوما في الدائرة التي تمر برؤس هذا الشكل الاربعة

ومن المعلوم ان قطر ا ث يقسم هذا الشكل الى مثلثين قائمي الزوايا
مرسومين في الدائرة التي قطرها ا ث

واما الاشكال التي تكون اضلاعها اكثر من اربعة فانها تسمى بانمباء تدل
على عدد زواياها و اضلاعها

مثلا للمخمس من الاضلاع والزوايا ٥ وللمسدس ٦ وللمسبع ٧ وللمثمن ٨
وهلم جرا

والذي يستحق الذكر من الاشكال التي يطلق عليها اسم كثير الاضلاع (اعني
الاشكال التي لها عدة زوايا) هي الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة لانها
كثيرة الاستعمال مع الاهتمام في الصناعة

والاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة هي التي تكون جميع اضلاعها وزواياها
متساوية

فعلى هذا التعريف اذا وجدنا نقطة ك نقطة و على بعد واحد من
ا و ب و ث التي هي رؤس كثير الاضلاع المنتظم وهو
ا ب ث د ه ف نقول انها تكون ايضا على بعد واحد من سائر
الرؤس الاخر فاذن ينتج ان وا = و ب = و ث = و د وهلم جرا

وبيان ذلك ان مثلثي $\triangle AOB$ و $\triangle BOW$ المتساويين الساقين
 متساويان حيث ان قاعدتيهما المشار اليهما بخطى $\triangle AOB$ و $\triangle BOW$
 متساويتان وكذلك اضلاعهما المتماثلة المشار اليها بخطوط OA و OB
 و OW فتكون الزوايا المتماثلة مساوية $\frac{1}{2} \angle B$ حيث ان مجموع
 الزاويتين المتوسطتين يساوي زاوية $\angle B$ ويكون مثلث $\triangle OWD$
 مساويا لمثلث $\triangle OWB$ لان ضلع OW مشترك بينهما و $\triangle OWD$
 يساوي $\triangle OWB$ كساواة اضلاع كثير الاضلاع المنتظم لبعضها وزاوية
 $\triangle OWD = \triangle OWB$ زاوية $\triangle OWB$ لان احدي هاتين الزاويتين هي
 نصف مجموعهما ويبرهن بمثل ذلك على ان مثلثي $\triangle ODE$ و $\triangle OFE$
 وكذلك ما شبههم مما مساويان للمثلث الاول وبناء عليه يكونان متساويين
 السابقين فاذن تكون اضلاعهما المتماثلة التي هي OA و OB
 و OW متساوية وعلى ذلك تكون نقطة O على بعد واحد من سائر
 رؤس الشكل المنتظم فتكون حينئذ من مركز الدائرة المارة بجميع هذه
 الرؤس

وقد توجد هذه الدائرة متى امكن مرورها بالرؤس الثلاثة المذكورة وهذا
 ما يحصل دائما وينتج من ذلك انه يمكن دائما رسم دائرة يرسم داخلها شكل
 كثير الاضلاع المنتظم ولو بلغت اضلاعه في الكثرة ما بلغت
 وبالعكس اذا كان المعلوم دائرة وامكن ان يرسم في داخلها شكل \triangle كثير
 الاضلاع يكون عدد اضلاعه على حسب ما يراد يكتفي لذلك ان نقسم محيطها
 الى عدة اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من الاضلاع في شكل كثير الاضلاع
 ونقسم نقط التقسيم الى بعضها بواسطة الخطوط المستقيمة

وقد ذكرنا في الدرس الثالث نسب الطول الحاصلة بين انصاف اقطار الدائرة
 وابعاد هذه النقط التي هي في الحقيقة اطوال اضلاع الاشكال كثيرة

الاضلاع وبهذا الوجود في ذلك صعوبة

(تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة)

يستعمل مهندسو الجهادية بالاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة في رسم استحكاماتهم المنتظمة بشرط ان يكون عدد اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع على حسب المحل المراد تحصينه ولا يستعملون المثلث المتساوي الاضلاع والمربع الا في الاستحكامات السفيرية ويستعملون الخمس والمسدس والمسبع في الاحاطة بالاماكن الصغيرة والقلاع ويستعملون ايضا الاشكال التي عددها كثير في الاحاطة بالمدن العظيمة

تطبيق الاشكال المتقدمة على التبايط وتلوين الاخشاب والقزاز والتزويق

الغرض الاصل من المسئلة المستعملة عادة في هذه الاشكال هو كونها مملوءة فراغا باشكال منتهية بخطوط مستقيمة ويعلم من ذلك ان هذه المسئلة قابلة لتعليقات عديدة على حسب التركيبات غير المتناهية للخطوط المستقيمة التي يمكن رسمها على اي مستوكان

فاذا اردنا ان تكون جميع الاشكال منتظمة ويكون عدد الاضلاع واحدا صارت المسئلة محدودة كثيرا ولا يمكن حلها الا بالاشكال الاتية وهي
اولا المثلثات المتساوية الاضلاع التي تتصل رؤسها ستة ستة بنقطة واحدة (شكل ٢٧)

ثانيا المربعات التي تتصل رؤسها اربعة اربعة بنقطة واحدة (شكل ٢٩)

ثالثا المسدسات التي تتصل رؤسها ثلاثة ثلاثة بنقطة واحدة (شكل ٢٨)

ولاجل البرهنة على هذه الدعاوى نذكر الجدول الآتي فنقول ان زوايا الشبكل كثير الاضلاع المنتظم الذي له من الاضلاع

٣	و	٤	و	٥	و	٦	و	٧	يكون قدرها
٦٠	و	٩٠	و	١٠٨	و	١٢٠	و	$١٢٨\frac{4}{7}$	

وزوايا الشكل الذي له من الاضلاع

٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ يكون قدرها

١٣٥ و ١٤٠ و ١٤٤ و $\frac{3}{1.1}$ و ١٤٧ و ١٥٠

وبناء على ذلك تكون ٦ × ٦٠ و ٤ × ٩٠ و ٣ × ١٢٠

= ٣٦٠

واذا لم يقسم عددا اخر من اعداد الدرجات ٣٦٠ الى عدد صحيح الاجزاء فلا يمكن ملء الفراغ الموجود حول نقطة معلومة بزوايا اخر من زوايا كثير الاضلاع المنتظم وانما غلام بزوايا الاشكال الثلاثية الاضلاع والرباعية والسداسية

تنبية اذا علمت المسافة التي حول نقطة ما (شكل ٢٧) بستة مثلثات متساوية الاضلاع فانه يتألف من الاضلاع الستة الخارجية سدس منتظم مرسوم داخل دائرة انصاف اقطارها الاضلاع الداخلة وبناء على ذلك تكون اضلاع السدس مساوية لنصف قطر الدائرة المرسوم داخلها وهذا من اعظم الفوائد النافعة في الصناعة

ولا تسوخ لنا كثرة الاشياء التي تتعلق بها آمالنا في هذا الكتاب ان نخبر على وجه التفصيل عدة اشكال منتظمة كثيرة اوقليلا تحدث للفنون عند انضمامها الى بعضها نتائج عظيمة يتولد من مطالعتها ورسمها للتلاميذ ملهكة وفطنة

واذا اقتضى الحال عمل التزييق وتلوين الابخشاب او التبليط الذي يمشى عليه لزم ان لا تكون نقطة ما محل اجتماع الرؤس العديدة لانا اذا وضعنا على هذه النقطة قدما او جسما ثقيلانا تقاد مع السهولة وقبلا الانضغاط وهذا هو الذي ينشأ عنه فساد صحة الصناعة وصلاتها

وبهذا لا يستعملون في الغالب تركيب المثلثات المتساوية الاضلاع التي تتصل

رؤسها ستة ستة بنقط متحدة

ويجب ان اتصال رؤس المربعات اربعة اربعة بنقطة واحدة
ومنى اردنا تغطية ارضية بالمربعات المتساوية فانه يهتم بتنظيم تلك المربعات
او المستطيلات بواسطة الصفوف المستقيمة وباتصال المربعات ببعضها
على صف مقابل لمنصف مربعات الصف الثانى ونستعمل على حسب هذه
القاعدة فى تركيب الابنية عادة احجارا منحوتة على مقتضى الصورة المطلوبة
وموضوعة فى الوضع المعين فى (شكل ٣٠)

وكان الرومانيون فى الغالب يجعلون شكل المعين للاحجار والقوالب التى كانوا
يشيدون بها اسوارهم وكذا كانوا يطلقون على نوع هذا الشغل اسم البناء
المرصوص (شكل ٣١) لان منظره يشبه الصف شيئا تاما

ولا استعمال شكل المسدس فى تبايط الاماكن منافع كثيرة (شكل ٢٨)
وتتخذ النحل بيوتها على هيئة شكل المسدسات المنتظمة وخاصة هذا
الشكل ان النحل تملأ مسكنها بقدر معلوم من الشمع

وكان القدماء يشيدون ابنيهم المتينة بكتل كبيرة من الاحجار المنحوتة على
هيئة الاشكال كثيرة الاضلاع غير المنتظمة والى الآن يوجد كثير من هذه
المباني فى بلاد ايطاليا وجزيرة سيسليا وبلاد اليونان كالمباني التى يقال لها
المباني الصقلوية المعينة فى (شكل ٣٢)

وفائدة البناء بهذه الطريقة هى ان الكتلة الكبيرة المعدة لرفع الابنية تستعمل
على حالتها الطبيعية بحيث لا يتقص من حجمها الاصلى عند النحت الاثنى
قليل جدا

وفى الرخيف الشهير الذى شيد الامكليز لوقاية ميناء مدينة بلوموت من شدة
تلاطم امواج البحر كسوا اعلاه ومنحدره الداخلى من الجزء الاعلى بقطع
غليظة من المرمر معشقة ببعضها ومفصلة كالمباني الصقلوية وبهذا التعشق
لا يمكن ان الجريدفع كتلة واحدة وانما يجعل كل كتلة من هذه الكتلة مقوية
لصلابة الجميع

* (بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقواس دائرة) *
 اذا تنوعت الاشكال المؤلفة من خطوط مستقيمة امكن لنا ان نعرف كثرة
 هذا التنوع الموجود في الاشكال المؤلفة من اجزاء الخط المستقيم
 والدائرة

واسهل الاشكال المؤلفة ما تألف من نصف دائرة وقطرها كشكل الغرافومتر
 والمانقلة المستعملين لنقل الزوايا وكصورة الملاعب عند القدماء وشكل
 المدرجات المعدة للجمعيات العامة وللتعليم عند المتأخرين

ويكون الخطيب او المعلم في مركز Γ (شكل ٣٣) ويكون الناظرون
 مصطفين على انصاف دوائر متسلسلة البعد ويكون مركزها نقطة Γ
 وقطرها AB

فاذا رسمنا من نهايتي قطر AB (شكل ٣٤) خطين عمودين
 على القطر المذكور فانهما يصيران مماسين في نقطتي A و B لنصف
 دائرة AMB واذا رسمنا ايضا في اي بعد خط EF المستقيم
 الموازي لخط AB فانا نكمل شكلا مستعملا كثيرا في الفنون وهو شكل
 القباب والابواب المقوصرة وسميت بذلك لان انحناء القوصرة تام من سائر
 الجهات

واذا رسمنا في اصل مستطيل $ABFE$ (شكل ٣٥) بواسطة
 نصف قطر AB اولا من نقطة A المعتبرة مركزا قوس BM
 وثانيا من نقطة B المعتبرة ايضا مركزا قوس AM فانه يتحصل لنا الشكل
 الذي يكون على هيئة القباب التي يطلق عليها اسم القباب الحادة

وينتسب شكل القباب المقوصرة الى المباني اليونانية وكذلك الى المباني
 المتأخرة وينتسب شكل القباب الحادة الى المباني العثمانية ولكل من هذه
 المباني المقدمة المستعملة باشكال هندسية متنوعة اشكال بعلاجات
 خصوصية تميزها عن بعضها وكل منها جدير بالاعتبار ونجيب ارباب الذوق

السليم ومستحق ان يكون الغرض الاصلى من المطالعة الجيدة نظر الظرافة
اشكالها ومعادلتها لبعضها اولشدة علوها وصلابة تراكيما

فاذا رسمنا في (شكل ٣٤) نصف دائرة على قطر هـ ف فانه يحصل

معنا محيط ا م ب ف ن هـ الذى يكون سطحه كسطح الميادين التى

اعدها القدماء للمسابقة على الخيل ولهذا سميت ميادين ملاعب الخيل

وكانت الحدود التى تدور حولها الخيالة موضوعة فى مركزى ث و ش

الذين هما مركزا الاجزاء المستديرة

ويستعمل المتأخرون لتشييد القناطر والعمارات قبابا مقوصرة مركبة من

عدة اقواس دوائر وهذا هو الذى يطلق عليه اسم القباب المصنوعة على صورة

اذن القففة ويوجد فى (شكل ٣٦) اقواس من الدوائر لها ثلاثة مراكز

مشار إليها بنقط و ح و خ توساى بيان ذلك فى الدرس الرابع

عشر

وهنا النوع من المباني الغوطية او المورسكية يحتوى على صناعة القباب

بواسطة قوسى ب د و غ ف الصغيرين المتخمين بالكلية

(شكل ٣٧) الموصولين بمستقيمى د هـ و هـ ف اللذين يتألف

منهما زاوية منفرجة

ويلاذ الانكيز كثير من المباني الغوطية المشيدة على وفق هذا النوع المتقدم

وهى شهيرة بظرافة شكلها وشدة علوها ككنائس هنرى الثامن المشيدة

فى مدينة وستمستير وكنائس ترينيتيه المشيدة فى قبريج وكنائس قصر

وندسور

* (بيان رسم تفصيل العمارات) *

قد ابتدع البنائون تركيبات بسيطة نفيسة من الدائرة والخط المستقيم لتزيين

العمارات بالشكل المسمى خراطة ويستعمل قطاع الخشب والنجارون

وخراطة الاخشاب الرفيعة وصناع الآلات الاشكال المذكورة ويجب عليهم

ان يعرفوها حق المعرفة

واسهل هذه الاشكال هو الشريط المركب من خطين متوازيين قريبين من بعضهما ومتبئين من اطرافهما بعمود واحد ويرى في (شكل ٣٨) شريط واحد كـ شريط \overline{AB} ويرى ايضا من نوع هذا الشريط عدة شرائط موضوعة فوق بعضها في (شكل ٣٩) الدال على عمود البناء الدوراني اليوناني المسمى بالشكل \overline{AB} المستوي حيث انه يوجد في مدينة يستوم هيكل محاط باعمدة طريقة من هذا الشكل

ويضمون عادة الى ما بقى من العمارات شريط واحد بواسطة ربع دائرة \overline{B} \overline{B} المماس لاسفل الشريط في نقطة \overline{B} وللضلع المنتصب من الحائط في نقطة \overline{B} ولضلع العمود المربع او العمود الجانبي الذي يراد رسمه

وكذلك يجعلون عادة فوق الشريط نصف دائرة بارز يطل على بالفرنساوية اسم البودين (شكل ٣٨)

ثم انهم يستعملون تارة ربع الدائرة المحاذية الذي يطل على اسم ربع دور مثل \overline{AM} دون غيره (شكل ٤٠) ويستعملون تارة ربع الدائرة المحاذية مثل \overline{AM} (شكل ٤١)

ويتألف الكعب من ربعي الدائرة اللذين هما \overline{AM} و \overline{BN} (شكل ٤٢) اذا كان نصف قطرها واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي \overline{O} و \overline{H} موضوعا على منتصب واحد

ويتألف كذلك الحافر من ربعي الدائرتين اللذين هما \overline{AM} و \overline{BN} (شكل ٤٣) اذا كان نصف قطرها واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي \overline{O} و \overline{H} موضوعين على خطاف واحد

وهذه هي المبادئ البسيطة التي يتركب بها البناءون انواع القوسات

والافاريذ والقواعد والرؤس الموجودة في كل من المباني القديمة والجديدة
ولا ينبغي ان يعتقد ان تركيب هذه الاشكال يتيسر لكل من اراد بمعنى انه
يمكن عمله بالصدفة والاتفاق او على حسب ما تقتضيه الالهواء الفاسدة
الناشئة عن اختلال العقل بل يلزم ان يكون استكمال فن رسم تفصيل
العمارات واجزاها المتنوعة ناشئا عن مراعاة قوانين التنوع والتباين
وتجنب الزينة في البناء وغوضا عن التوسع في هذه الزينة ونشرها يلزم
تركيبها بجملة بجملة ليسهل على النظر الاطاحة بها ويلزم ايضا فصل تلك الجمل عن
بعضها بمسافات كبيرة مستوية وينبغي لنا ان نقابل في كل جملة الخراطات
الرفيعة بالخراطات الكبيرة والاشكال المستقيمة بالاشكال المستديرة حتى
نظهر من كل جملة الاشكال المكتنفة بها وهذه هي القواعد الاصلية
المستعملة في فن زينة المباني اعني القواعد التي لم يختص باستكشافها اعظم
بناة اليونان والاطاليين ولا باستعمالها في مبانيهم حيث وجدوها
مستعملة منع الاتقان في المباني الظريفة الموجودة ببلاد مصر القديمة
وفي العمائر الغوطية التي حصلت في القرون الوسطى وفي المساجد
والسرايات التي شيدها العرب ببلاد الاندلس في العصر الذي اظهر وافيته بهذه
الايلة العلوم والفنون التي كانت معدومة وقتئذ في ابني من بلاد
اوربا

وهناك علمية هندسية اكثر رفعا من النقش الظاهري ومن رسم الزينة الجاني
وهي معرفة مستوى العمارات ورسمه وقد تؤول جميع الاشكال المستعملة
عند البنائين الى شكلي الخط المستقيم والدائرة وفيما ندر من الاحوال التي
يحتاجون فيها الى اشكال دقيقة يقسمون هذه الاشكال الى اجزاء
مستديرة كما اسلفنا ذلك في القباب المقوصرة

واذا احتاج البنائون الى تشييد عمارة في فراغ متسع جدا وجب عليهم ان
يتجنبوا اشكالا منتظمة يسرا الشاظر كل من ببساطتها واستوائها وتماثلها
ويستدل بها على الفطنة والنظام اللذين بموجبهما يشيد الانسان مبانيه

وعباراته

والخيار من هذه الاشكال عموما هو المستطيل او المربع لانهما ينقسمان مع السهولة الى تقسيمات ثانوية متحدة الصورة لازمة للتقسيم وليس فيهما عيب سوى انهما لا يطابقان المحيطات المستديرة الداخلية الامع تضيق المسافة وحدوث اركان صغيرة مختلفة الشكل يلزم اخفاؤها عن النظر ومع ذلك لا تخلو هذه الاركان عن فائدة وهي ان يبنى فيها سلام مخفية أو مخازن للاشياء التي لا ينبغي اظهارها

ويجبر البناء في المدن التي تكون اراضيها غالية على ان يستخرج منفعة من الاراضي الضيقة ويرسم الاماكن المنتظمة رسما جيدا بقدر الامكان في شكل غير منتظم بالكلية وفي مثل هذه الاماكن تكون عادة تركيب الاشكال الهندسية مع بعضها مستعملة بكثرة عند ارباب الصناعة وبها يجدون اعظم انتركيبيات

ومن معلى البناء من يعتقد انه يجعل تلازمته ماهرين بان يعطيهم صورة عمارات بحيث لو بنيت لكانت مصاريقها تبلغ ملايين من الاموال ولو اراد الانسان ان يبنى على منوال تلك الصور لما تيسر له ذلك الا في سهول وهمة بمعنى ان ذلك متعذر فلذا ترى هؤلاء المعلمين يعودون تلازمته على زخرفة المباني المؤدية الى الاستهزاء والسخرية وعلى مصاريق كثيرة بتعذر حصولها فيما بعد عند الاهالي فمن ثم كان الاولى ان يعودوهم دائماً على انشاء رسم العمارات بشرط ان يتبعوا الاشكال المختلفة الممكن وجودها في داخل المدن التي يوتها متلاصقة وذلك لان الشبان لهم ملكة الابتداع والاختراع

(الدرس الخامس)

(في بيان الاشكال المتسوية والمتائلة والمتناسبة)

يكون الشكلان متساويين اذا كان احدهما موضوعا على الاخر وكان محيطاهما متحدين بالكلية في جميع امتدادهما وقد اكتسبت الفنون من علم الهندسة عملة طرق متنوعة لرسم شكل مساو

لاخر وهذه مسئلة مهمة جدا وكثيرة الاستعمال في الصناعة
ولذا اذا اقتضى الحال عمل اجسام من النحت او النقش او الزخرفة او غير ذلك
فانه يلزم عمل قوالب وارائيل. ~~تكون~~ ابعادها مساوية بالكمية لابعاد
الاجسام المراد عملها

وقد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن بطريقة المتوازيات المتحدة في الطول
مع غاية السهولة رسم شكل يكون مساويا لآخره موضوعا على وجه بحيث
تكون الخطوط المتقابلة في الشكلين متوازية

وبواسطة هذه العملية يظهر كثير من الغلط بقدر ما يكون للمتوازيات المراد
رسمها من الطول وقدر تباعدها عن بعضها وينبغي ان يضاف الى اسباب هذا
الغلط عدم ضبط المساطر والبيكرات والحبال المستعملة في قياس الابعاد
وعدم اتقان البراية الرفيعة كثيرا او قليلا لاقلام الرصاص والريش واقلام
الجداول المستعملة عندهم وهم جرا

وقد تكون الطريقة التي يستعملها المهندس في صور ~~كثيرة~~ كثيرة ليتحقق من
تساوي شكلين مستعملة ايضا عند الصانع في رسم شكل مساويا لآخره وان ذكر
الآن الطريقة المعدة لوضع احدهما في الشكلين على الآخر ونظروا هل
احدهما يتجاوز الآخر في هذا الوضع بنقطة او لا فنقول

لنرسم شكل **ا ب ث د الخ** (شكل ١) على امتداد كما تمدد من **ح ح ح**
(شكل ١ مكرر) قطعة قياس تنشر اولوح معد في او غير ذلك ونضع

شكل **ا ب ث د** على وجه بحيث يكون موجودا على **ا ب ث د**

في **م ن ح ح ح** (شكل ١ مكرر) ثم نقسم **م ن ح ح ح**

على حسب اضلاع **ا ب ث د** و **و ر ث د** فينتج لنا شكل **ا ب ث د الخ**

المساوي بالضرورة للشكل **ا ب ث د الخ**

وعوضا عن كوننا قسم الشكل الثاني بلا واسطة نرسم في الغالب بواسطة
قلم الرصاص او الطباشير او الحبر او غير ذلك محيط **ا ب ث د الخ** مع مساوئ

ان نقطة ا تنطبق على ا و و على ح الخ بحيث انه اذا امكن
طبع ا و ح الخ على م ن ح خ فانه يظهر فيه شكل
ا ش د الخ المماثل له فاذن يمكن بواسطة المتوازيات والعمود الذي
يقطعها من منتصفها رسم شكل ا ش د الخ تماثلا لشكل آخر مثل
ا ش د

(بيان تحصيل الاشكال المتساوية او التماثلة بالثقت والطبع والتغرافيا)

* (اي الطبع بالجبر) وغير ذلك *

العرض الاصلى من هذه الفنون هو ان نضع على لوح اوسط من الخشب
او المعدن او الجبر او غيره من سائر الجواهر اشكالا يمكن نقلها بالدقة على
سطوح أخرى وينبغي لنا ان نلاحظ ان الشكل المطبوع يكون منعكسا
بالنسبة للشكل اللوح لان ما كان على الجهة اليمنى يطبع على الجهة اليسرى
وبالعكس فاذن يلزم ان يكتب على ظهر اللوح اذا اريد ان الكتابة تكون على
وضعها الاصلى راجع (شكل ١ مكرر) وهذا هو السبب في نقش حروف
الطبع بالعكس ووضعها مقلوبة لتكون فوق الورق على صورتها الاصلية
وتكون متتابعة من الشمال الى اليمين (وهذا على طريقة الفرنسيين
واما الطريقة العربية فهي بالعكس) فيتحصل حينئذ من الطبع البسيط نسخ
غير مساوية لاشكال اللوح الا انها تماثلة

* (بيان تحصيل الاشكال المتساوية بالطبع) *

اعلم اننا نقس ونركب ونرسم القوالب التي نطبع بواسطتها على الألواح المستعملة
فيما بعد لطبع الحروف والموسيقى والرسم وغير ذلك وقد تكون الاشياء
المطبوعة مارة من الشمال الى اليمين بواسطة الطبع الاول ومن اليمين الى
الشمال بواسطة الطبع الثاني فاذن تكون الاشياء المطبوعة متحدة ومتساوية
على القالب الاصلى والنسخ المتحصلة من اللوح المتوسط ونضع بحسب هذه
القاعدة في الجهة الاصلية المنقش المجعول قالب الصب حروف الطبع وبناء
على ذلك تكون هذه الحروف منعكسة ويكون الطبع الناشئ عنها في الجهة

الاصليّة وفي النقش والتغرافيا يرسم ونكتب في الجهة الاصلية على الورق
او على المقوّة المجهزة فتكون هذه الكتابة مقلوّبة على الجبر ومعتدلة على
الاوراق التي ينشأ عنها التغرافيا

والمطلوب الآن من علم الهندسة طرق جديدة لرسم شكل مساويا لآخر

فلنفرض شكلا كشكل **ا ب ث د ه** فنع **ا** (شكل ١) الموائ
من عدة اضلاع على حسب المطلوب فاذا مددنا من نقطة **ا** التي هي رأس
كثير الاضلاع المنتظم او غير المنتظم الى سائر الرؤس الاخر خطوطا مستقيمة
فاننا نقسم كثير الاضلاع المذكور الى مثلثات وحيث انه يسهل علينا رسم
مثلث يكون مساويا لآخر مع جعل مثلث **ا ب ث** مساويا للمثلث
ا ب ث ومثلث **ا د ه** مساويا للمثلث **ا ب د** و **ا د ه** مساويا للمثلث **ا د ه**
وهلم جرا يؤول الامر الى كوننا يرسم شكل **ا ب ث د ه** ف **غ** بتمامه
(شكل اسكر) مساويا للشكل **ا ب ث د ه** ف **غ** (شكل ١)

ويمكن تحصيل شكل **ا ب ث د ه** ف **غ** باستعمال سكار واحد
لقياس طول الاضلاع ومنقلة لقياس الزوايا يرسم الاضلاع **ا ب** مساويا
لضلع **ا ب** واذا وضعنا مركز المنقلة في نقطة **ب** ومنه ذنا القاعدة
القطرية من المنقلة على اتجاه ضلع **ا ب** استخراجنا مع الصحة عدد
درجات زاوية **ا ب ث** وكهو درجتها ونقل المنقلة الى نقطة **ب**
على الشكل الجديد المراد رسمه ثم ننقل عدد الدرجات التي قسناها آنفا
وتكون **م** هي النقطة المقابلة لهذا العدد على محيط المنقلة فاذا ينفذ على
الورق نقطة **م** بواسطة طرف البيكار ورسمنا مستقيم **ب م** مساويا
ب ث نحصل معنا ضلع **ب م** من الشكل الجديد فاذا انقلنا المنقلة الى
نقطة **ث** نحصل لنا زاوية **ب ث د** المنقولة الى **ب ث د**
وهكذا الى ما لانهاية واذا كانت العملية مضبوطة مضبوطا تاما فان الضلع
الاخير وهو **غ ا** يصل في جال رسمه الى نقطة **ا** الاولى ويكون طوله

متساويا الطول غ ١ لكن اذا كان عدد اضلاع ~~كثير~~ الاضلاع قليلا
فلا يمكن الوصول الى مثل هذه النتيجة ويكون اقل خطأ يحصل في اى زاوية
ظاهر في جميع الزوايا الاتية حيث ان اتجاه احد الاضلاع يكون ثابتا على
حسب الضلع المتقدم وبالجمله فالخطأ الحاصل في طول اى ضلع يجعل
الشكل كبير او صغير انقل سائر اضلاع الشكل كثير الاضلاع بالتوازي
الى الخارج او الداخل

وقد ذكرت هذه القاعدة لايين لك انه يمكن ان يكون كثير من طرق العمل
القوية عرضة للخطأ في العملية ويمكن بواسطة طريقة حسنة ان تكون
العمليات سهلة مضبوطة

ولنجث عن اعظم طريقة ترسم بها شكلا متساويا لآخر

وجاصلها اننا اذا رسمنا بالتوازي مثلثي ا ب ث و ا ش د (شكل ١
مكرر) مع مقابلتهم للمثلثين المساويين لهما فقط فانه يمكن مع غاية
الصعوبة اجتناب الخطأ الجسيم ولا يخفى ان ما يقع في كل زاوية من الخطأ
الذي يزداد بزيادة عدد الزوايا ينشأ عنه مقدار جسيم من الخطأ فاذن
يمكن ان تكون زاوية س ا غ الكلية مغايرة لزاوية ب ا ع تغايرا
حسب ما مع ان زاويتي س ا ث و ا ش د الجزئيتين المظروفتين فيها
مغايرتان قليلا لزاويتي ب ا ث و ث ا د المقابلتين لهاتين
الزاويتين

وهاهي الطرق التي تؤخذ من علم الهندسة لاثبات هذه المساواة

الطريقة الاولى استعمال المتوازيات وحاصلها ان كل زاويتين يكونان
متساويتين اذا كانت اضلاعهما متوازية

الطريقة الثانية اننا قسنا بالبكار وجدنا ا ب يساوي ا ر و ا غ
يساوي ا ع و ب ث يساوي ب ع

الطريقة الثالثة ان نمد ضلعي ب ع و ر غ اللذين كل منهما ضلع

ثالث من مثلثي ABG و ARG ثم تنظر هل نقطة A على بعد واحد من B على AG كنقطة A من RG اعني هل عمودا AR و AG النازلان من نقطة A على BG ومن نقطة A على RG مساويان لبعضهما لا

وعند انتهاء اثبات تساوي زاويتي ABG و ARG نرسم فيهما خطوط AB و AR و AG لنضع فيهما زاويا جزئية متساوية بان نجعل طول AB مساويا لطول AR وطول AG مساويا لطول AR وطول AG مساويا لطول AR ثم نرسم اضلاع BR و RG و AG فيحصل معينا رسم الشكل الثاني

فثبتت اولاً رسم الجزء الاخير بواسطة اليكاردون تنظر هل BR يساوي RG و AG يساوي AR او بواسطة الغرافومتر وتنظر ايضا هل زاوية ABR تساوي زاوية ARG وزاوية BAR تساوي BRG وهلم جرا فاذا ظهر لنا بعض خطأ اعدنا العمليات لتعرف منشأ الخطأ ونصححه

(بيان قاعدة المربعان) *

يستعمل ارباب الصنائع هذه القاعدة بكثرة لاتخاذات شبك مساو لآخر (شكل ٢)

وذلك بان يقسموا في مبدء الامر الشكل الذي يريدون الرسم على نسبه الى طبقات متساوية بواسطة المتوازيات المتجهة الى جهتين عموديتين ويضعوا عمدة على كل جهة من جهات هذه القسمة الاربعة لتسهل معرفتها ويعملون قسمة مشابهة لهذه القسمة على المستوى الذي ينبغي لهم ان يرسموا عليه شكلاً جديداً مساوياً للاول وبعد اجراء القسمة المذكورة يبينون النقاط الضرورية التي توجد في كل من هذه المربعان

واذا امكننا في مبدء الامر لتتحقق من وجود شيء في طبقة Q او R او A رأينا

انه لا يوجد شيء في طبقة ١٠ و ٢ و ١ و ٢ الرأس آ الموجود
على خط مشر الى كل من طريقه برقم ٤ و ٤ فنجعل على هذا الخط
انفراج البيكار مساويا لبعده هذه النقطة في ١ و ١ ونضعه على الشكل
الجديد في ١ و ١ آ فترى ان نقطة ب تكون في مربع ٢ و ٣
و ٦ و ٦ و ٦ و ٦ و ٢ و ٢ و ٦ و ٦
ونقل هذه الابعاد الى الشكل الجديد فيتحصل معنائة نقطة ب وجميع رؤس
ث و د و هـ وغيرها ينقسم كثير اضلاع ا ب ث د هـ الى ا
مساويا لكثير اضلاع ا ب ث د هـ الى ا

وقد يوجد كما في الطريقة التي ذكرناها آتفا ثلاثة انواع من الخطاء ناشئة
عن الخطاء الكلى * اولا في توازي او مساواة الخطوط التي تتألف منها
المربعات * ثانيا في رسم كل خط اما بالنسبة لاستقامته او لسمكه او غير ذلك
* والثاني قياس وضع كل نقطة

وطالما كررت لك انه ينشأ عن استعمال هذه الطرق البسيطة كثير من الخطاء
وانه يلزم ان يكون عند ارباب الصناعة مهارة عظيمة في العملية واهتمام كلي مع
التؤدة وجودة الذهن ليتجنبوا هذا الخطاء او يعرفوا منشاءه فيصححوه وبهذا
التصحیح يستدل على تقدم الصناعة وانها بلغت درجة السكال وبالجمله فلا تعجب
من كونه يلزم مهني عدة قرون حتى يصل الانسان الى صنع آلة صناعة تامة
بحيث تكون قواعدها معلومة واشكالها محكمة التحديد الا ان نجاحها
يكون معاقا على صناعة اجزائها المتنوعة فن ثم كان يعسر على الملل التي
لم تقدم في القنون المحتاجة الى الضبط والاتقان ان تصل الى درجة غيرها
من الملل المتقدمة في القنون المذكورة وذلك لان تقدم هذه الملل يعينها دائما
على تنقيص الاسباب الموجبة للخطا في العمالية * والقضية العملية المعروفة
حق المعرفة والمطبقة على العملية بوجه الصحة هي التي تجعل الملل التي ليست
في مرتبة واحدة متساوية في المعارف بل وتجعلها فائقة على من يعادلها
من الملل الاخرى التي سبقها بامتياز لمحاولات الصناعة وهذا هو الغرض

الاصلي مما ذكرناه في هذا الشان

(بيان الاشكال المناسبة)

لا يكفي لارباب الصناعة ان يعرفوا مجرد على شكل مماثل او مساو لا آخر بل هم محتاجون في الغالب لعمل اشكال تشبه شيها تاما اشكالا اخرى غير انها تكون اكبر او اصغر منها وعلم الهندسة هو الذي تعرف به طريق الوصول الى ذلك بواسطة خواص الخطوط المناسبة والمثلثات المتشابهة

ولنفرض ان مستقيم اف (شكل ٣) منقسم الى اجزاء متساوية مثل اب و بث و ثد و ده الخ ونفرض ايضا اننا مددنا من كل نقطة من نقاط التقسيم على اى اتجاه من الاتجاهات متوازيات اا و بب و ثث و د د و ه ه الخ فتكون هذه المتوازيات متساوية الابعاد وبيان ذلك اننا اذا انزلنا اعمدة اا و بب و ثث و د د الخ على المتوازيات المذكورة فنصنع عدة مثلثات مثل ابا و ببث و ثثد و دهه الخ وهلم جرا حيث ان زوايا المثلثات المتقابلة متساوية وان كل ضلع منها مساو لا آخر اعني ان ضلع اب يساوي بث وضلع بث = د د الخ فلذن تكون اعمدة اا و بب و ثث و د د الخ هي الاضلاع المتقابلة من هذه المثلثات والتي تقيس المسافات الموجودة بين المتوازيات المتوالية مساوية لبعضها

ولنمد الآن خط م ه و ح ر في اتجاه مغاير لمستقيم اف فنقول حينئذ ان اجزاء م ه و ه و و و و و و ح و ح ح و ح ر تكون مساوية لبعضها

ومن المعلوم اننا اذا انزلنا باعمدة م ا و ه ه و و و الخ على

الخطوط المتوازية وكانت هذه الخطوط على بعد واحد من بعضها تحصل معنا
ان م ١ يساوي د ٢ يساوي و ٣ الخ وزيادة على ذلك تكون
اضلاع مثلثات م د ١ و ب ج و ٢ و د و ٣ الخ متوازية وبناء
عليه تكون زواياها متساوية فاذن تكون هي متساوية وعمتضى ذلك
تكون اضلاع م د ١ و د و ٢ و د و ٣ الخ المتقابلة متساوية

فعلي هذا اذا كان مائل **أ ف** (شكل ٣) منقسما الى اجزاء متساوية
بواسطة متوازيات **ا ا** و **ب ب** و **ث ث** و **د د** وهلم جرا
فان هذه المتوازيات تقسم اينما مستقيم م ر الذي يقطعها الى اجزاء
متساوية

وتستعمل هذه الخاصية لتقسيم مستقيم معلوم الى اجزاء متساوية على
حسب المطلوب

مثلا اذا فرضنا انه يلزم تقسيم خط **أ ف** (شكل ٤) الى خمسة اجزاء
متساوية فالتساوي من نقطة **أ** مستقيما آخر مستقيم **أ س** في اى اتجاه
كان ثم نعين بانفراج البيكار تقسيمات **١** و **٢** و **٣** و **٤** و **٥**
المساوية لبعضها ونمد من نقطة **٥** ومن نقطة **ف** خط **ف هـ**
ثم نمد ايضا من نقط **١** و **٢** و **٣** و **٤** خطوط **ب ا** و **ف ٢**
و **د ٣** و **هـ ٤** موازية لخط **ف هـ** فيصير خط **أ ف** منقسما
الى خمسة اجزاء متساوية حيث ان اجزاء هذا المستقيم الخمسة منحصرة بين
المتوازيات التي على بعد واحد من بعضها

وهذه الطريقة هي المستعملة عادة في تقسيم المقاييس المستعملة لرسم
مستويات المباني الملكية والجهادية والبحرية

ولقصة المقاييس فائدة عظيمة جدا حيث يتوقف عليها صحة الرسوم المستعملة فيها
هذه المقاييس اوفسادها واختلالها فاذا كان بعض اجزاء المقاييس المضبوطة
قبل العملية فاسدة كانت جميع اجزاء الرسوم التي تعتبر فيها هذه الاجزاء

كلاقيسة فاسدة ايضا و بما تكرر هذا الخطا غير مرة وتولد عنه خطأ جسيم

ولا جل الوصول الى تقسيم المقياس صحة صحيحة ينبغي ان لا تكون تقسيمات

١ ١ و ٢ و ٢ و ٣ الخ اصغر من ا ب و ث د

و د ه الخ وينبغي ايضا ان نضع طرفي البيكار مع الضبط على خط ا س

المرسوم في اتجاه ثابت وكذلك ينبغي ان لا تشغل علامة البيكار الامسافة

صغيرة بقدر الامكان بحيث انه لا ينشأ عن امتداده الا خطأ هين وبالجملة فيلزم

عند رسم المتوازيات ان يكون منتصف الخط المرسوم بقلم الرصاص او الحبر

مارامع الدقة بنقطة التقسيم الموافقة وان يكون التوازي على غاية من الصحة

فاذا توفر هذه الشروط كلها دلت بمقررها على صحة العملية

وقد تصحح بواسطة البيكار قسمة خط ا ب (شكل ٤) بحيث يعرف

هل اجزاء ا ب و ب ث و ث د متساوية على وجه الدقة ام لا

(بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة)

يلزم في الغالب تقسيم وحدة مقياس ا م (شكل ٥) الى اجزاء عديدة

بحيث يمكن تعيينها على مستقيم ا م الصغير بطريقة محكمة بينة وفي هذه

الصورة نرسم متوازيات م م و ن ن و و و مقساوية البعد

ونرسم ايضا عمودي م ف و ا ن ومائل ا ف فتكون النسبة

بين اطوال ب - و ث و د و ه الخ كنسبة

١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ وتدل هذه الاطوال على تقسيمات

م ا الى اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من المسافات المتساوية بين

متوازيات م م و ن ن و و الخ مثلاً اذا كان م ا يدل

على ١ متروكان هنالك عشرة خطوط موازية لخط م ا المذكور

و كانت كلها متساوية البعد فان اجزاء ب - و ث و د

و ه هـ وهلم جرا تكون في الحقيقة عشر المتراو عشرة او ثلاثة بعشاره
او اربعة اعشاره وهكذا وعوضا عن كونها ثقل بواسطة المقاييس المرسومة
طرفي البيكار على خط م ا، تقلا يتقب الخط بسرعة تتقلاهما بحسب تنوع
الاعداد على ن د و و د و ح ح الخ وبذلك تبقى المقاييس زمنا
طويلا وهذا من اعظم القوائد في الرسم

(بيان تصحيح رسم ارنيك آلة او محصول صناعة)

اذا كان المطلوب تصحيح رسم آلة او محصول جار على مقتضى المقياس فاول شيء
يجب عمله هو تصحيح المقياس المستعمل لتحصيل هذا المحصول فان كان هذا
المقياس فاسدا كان الرسم بحسب الظن غير مضبوط وان كان صحيحا بقوله عن
الرسم عدة انواع من الخطأ ينبغي البحث عنها

ولنرجع الى تقسيم الخطوط المستقيمة بالخطوط المتوازية فنقول اذا فرضنا
ان خط ا ب (شكل ٣) مقطوع بمتوازيات ا م و ب د
و ف ر التي ليست على بعد واحد فان جزئى ا ب و ب ف
المحصولين بين هذه المتوازيات يكونان غير متساويين وكذلك م د
و د ر اللذان هما جزآن مستقيمين م ر المقطوع بهذه المتوازيات

لكن اذا كان ب ف اكبر من ا ب كان م ر اكبرا ايضا من م د
وزيادة على ذلك فيكون د ر مشتملا على طول م د بقدر اشتغال
ب ف على طول ا ب

مثلا اذا كان ب ف يشتمل على ا ب اربع مرات فانه عند رسمه
ب ف الى اربعة اجزاء متساوية مثل ب ث و ث د و د ه
و ه ف الخ ورسم متوازيات ث و د د ح و ح ه ف تقسم خط د ر
الى عدة اجزاء مثل د و و و ح و ح غ و غ ر المساوية لخط
م د بقدر ما يوجد من اجزاء ب ث و ث د و د ه و ه ف
المساوية لخط ا ب فاذا كان ب ف مشتملا على ا ب

بقدر ما يشتمل $\overline{د ر}$ على $\overline{د م}$

ونبين عدد المرات التي يشتملها $\overline{ب ف}$ على $\overline{أ ب}$ و $\overline{د ر}$ على

$\overline{د م}$ بهاتين الطريقتين وهما ان $\overline{ب ف}$ المقسوم على $\overline{أ ب}$

يساوي $\overline{د ر}$ المقسوم على $\overline{د م}$ اعني ان $\frac{\overline{ب ف}}{\overline{أ ب}} = \frac{\overline{د ر}}{\overline{د م}}$ او نسبة

$\overline{ب ف}$ الى $\overline{أ ب}$ كنسبة $\overline{د ر}$ الى $\overline{د م}$ اعني ان $\overline{ب ف} : \overline{أ ب} :: \overline{د ر} : \overline{د م}$

وهذا هو الذي يطلق عليه اسم التناسب الهندسي الذي يشتمل دائماً على

نسبتين متساويتين مثل $\overline{ب ف} : \overline{أ ب} :: \overline{د ر} : \overline{د م}$ وحيث تكون النسبة

الهندسية الحاصلة بين كميتين هي قسمة الكمية الاولى على الثانية وعكسها هي قسمة الكمية الثانية على الاولى

ويشتمل تناسب $\overline{ب ف} : \overline{أ ب} :: \overline{د ر} : \overline{د م}$ على اربعة حدود يطلق على كل من حديها الاول والاخير اسم الطرفين وعلى الحدين المحصورين بينهما اسم الوسطين

(بيان الخاصية الاملية للتناسب الهندسي)

خاصية التناسب الهندسي هي ان حاصل ضرب الطرفين في بعضهما يساوي حاصل ضرب الوسطين في بعضهما

ولاجل البرهنة على ذلك يلاحظ في تناسب $\overline{ب ف} : \overline{أ ب} ::$

$\overline{د ر} : \overline{د م}$ ان $\frac{\overline{ب ف}}{\overline{أ ب}} = \frac{\overline{د ر}}{\overline{د م}}$ متساويان لاننا اذا ضربنا هاتين

النسبتين معاً في $\overline{أ ب}$ و $\overline{د م}$ فان حاصل ضربيهما يكونان متساويين

ولكن $\overline{ب ف}$ المقسوم على $\overline{أ ب}$ والمضروب في $\overline{د م}$ ثم في $\overline{د م}$

هو بالاختصار عين **ب** **ف** المضروب في **م** \div أي أنه حاصل ضرب الطرفين في بعضهما وكذلك \div **ر** المقسوم على **م** \div والمضروب في **أ** **ب** ثم في **م** \div هو بالاختصار عين \div **ر** المضروب في **أ** **ب** أي أنه حاصل ضرب الوسطين في بعضهما فإذا كان يكون حاصل ضرب الطرفين في بعضهما مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما

وتستعمل التناسبات الهندسية كثيرا في علمي الهندسة والحساب وفي تطبيقهما على علوم أخرى كعلم التجارة وعمليات الصناعة وغيرهما ولذا كررنا \div كيفية دلالة علم الحساب بواسطة الأعداد على التناسبات الهندسية فنقول

إذا فرضنا أن (شكل ٣) مرسوم بواسطة المقياس أمكننا أن نستدل

على كل من جدود تناسب **ب** : **ف** : **أ** : **ب** :: **ر** : **م** \div بعدد المرات التي تشتمل عليها أجزاء الخط المستقيم بالنسبة لوحدة المقياس

مثلا إذا كان **ب** = ٣٠ و **أ** = ٥ و **ر** = ٤
٢٤ و **م** = ٤ فإنه يتحصل معنا التناسبان المتخذان وهما

$$\begin{array}{ccccccc} \text{ب} & : & \text{ف} & : & \text{أ} & : & \text{ب} \\ 30 & : & 24 & : & 5 & : & 4 \end{array}$$

وبناء على ذلك يمكن أن يستدل على نسبة الخطوط وتناسباتها بنسب الأعداد وتناسباتها وبالعكس فإذا قسمنا ٣٠ على ٥ فنحصل معنا خارج القسمة الذي هو مقدار النسبة الأولى وهو ٦ وإذا قسمنا ٢٤ على ٤ فنحصل معنا أيضا خارج القسمة الثانية وهو ٦ ومتى كانت النسبتان متساويتين وجد بينهما التناسب

وإذا قسمنا ٥ على ٣٠ فإن خارج القسمة يكون سدسا وإذا قسمنا ٤ على ٢٤ فإن خارج القسمة يكون أيضا سدسا وبناء على ذلك إذا كان

نسبتان متساويتين وعكسناهما فانهما يكونان متساويتين ايضا
فاذن ينتج لنا من نسبة ٣٠ : ٥ :: ٢٤ : ٤ مرة واحدة

$$\frac{٣٠}{٢٤} = \frac{٥}{٤} \text{ و } \frac{٢٤}{٤} = \frac{٣٠}{٥}$$

فاذا ضربنا حدى معادلة $\frac{٢٤}{٤} = \frac{٣٠}{٥}$ في ٢٤ ينتج معنا $\frac{٣٠}{٥} \times ٢٤ =$

وحيث ان ٥ و ٢٤ هما الوسطان و ٣٠ و ٤ هما الطرفان
كان احد الطرفين مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما مقسوما على
الطرف الآخر

وبمثل ذلك يبرهن على ان كلا من الوسطين يساوى حاصل ضرب الطرفين
في بعضهما مقسوما على الوسط الآخر

فعلى ذلك اذا عرفنا ثلاثة من حدود التناسب الهندسى الاربعة فانه يمكن
معرفة الحد الرابع فوراً بواسطة القاعدة التى ذكرناها آنفا وهى قاعدة الثلاثة
وسميت بذلك لانه يعلم منها الحد الرابع بواسطة الحدود الثلاثة

وكثيرا ما تستعمل هذه القاعدة فى حسابات الخزائن والتجارة والصناعة
ويستعمل علم الهندسة على قاعدة الثلاثة المذكورة مثلا اذا عرفنا ثلاثة

خطوط مثل (أ) و (ب) و (ث) (شكل ٦) سهل علينا

ان نعرف بواسطتها خطا رابعا كخط د بحيث يحدث (أ) : (ب) :

:: (ث) : (د) فنبدأ بوضع (ث) = ح ر فى طرف

(أ) = وح ونرسم من نهاية و مستقيم وم فى اى اتجاه

كان ومن نقطة و نجعل طول وح = (ب) ونرسم كذلك

ح ح ثم ر ض موازيا ح ح فينتج حينئذ

$$\text{وح} : \text{وح} :: \text{وح} : \text{ح د} :: \text{ح د} : \text{ح ض}$$

$$(أ) : (ب) :: (ب) : (ث) :: (ث) : (د)$$

او

وإذا كان الوسطان متساويين فإن الطول أو العدد الذي يدل عليهما يسمى
وسطا متناسبا بين الطرفين مثلا في تناسب ٢ : ٤ :: ٤ : ٨
يكون ٤ هو الوسط المناسب بين طرفي ٢ و ٨
وإذا كان المعلوم في علم الهندسة طولين فإنه يسهل علينا استخراج وسطهما
المتناسب وسنبين لك ذلك عاجلا
(بيان المثلثات المتشابهة)

إذا كانت اضلاع مثلثي $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ر ث}$ (شكل ٧) المتقابلة
متوازية فإنها تكون متناسبة ويكون المثلثان متشابهين فاذن يتحصل
معنا

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ب ث} : \overline{ر ث} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ث}$ ولاجل
البرهنة على ذلك ننقل مثلث $\overline{ا ب ث}$ من غير أن يتغير اتجاه اضلاعه
بحيث تقع نقطة $\overline{ر}$ على نقطة $\overline{ا ث}$ ثم نمد $\overline{ا ث}$ و $\overline{ب ث}$ الى ان
يتلاقيا في نقطة $\overline{م}$ فيتحصل معنا $\overline{ا ث} = \overline{م ث}$ و $\overline{م ث} =$
 $\overline{ر ث}$ حيث انهما متوازيان مخصرة بين متوازيات اخرى

وحيث ان $\overline{ا ث}$ و $\overline{م ث}$ و $\overline{ر ث}$ متوازيات ينتج
: $\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{م ث} = \overline{ا ث} : \overline{ا ث}$

و $\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ب ث} : \overline{م ث} = \overline{ب ث}$
وبناء على ذلك $\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ث} :: \overline{ب ث}$
 $\overline{ر ث}$

فإذا كان مثلثا $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ر ث}$ (شكل ٨) متحدى الوضع
والصورة بحيث يكون $\overline{ا ب}$ عمودا على $\overline{ا ر}$ و $\overline{ب ث}$ على
 $\overline{ر ث}$ و $\overline{ا ث}$ على $\overline{ا ث}$ فإنه هذين المثلثين يكونان متشابهين

وبيان ذلك اننا اذا درنا مثلث $ا ر ش$ بدون تغيير شيء منه من زاوية قائمة حول نقطة $ا$ فان $ا ش$ يكون موضوعا على $ا ر$ في وضع مواز لخط $ا ر$ وكذلك يفعل في $ا ب$ و $ر ش$ فاذن تكون اضلاع مثلث $ا ر ش$ موازية لاضلاع مثلث $ا ب ر$ ويكون المثلثان متشابهين وبناء على ذلك يكون مثلثا $ا ب ر$ و $ا ر ش$ متشابهين ايضا .
ومنى كانت اضلاع مثلثين متناسبة فان زواياهما المتقابلة تكون متساوية ويكون المثلثان متشابهين وبيانه اننا اذا فرضنا انه ليس لمثلثي $ا ب ر$ و $ا ر ش$ (شكل ٧) نسب اخرى غير هذه وهى

$ا ب : ا ر :: ا ر : ا ش :: ا ش : ر ش :: ر ش : ا ب$
فاننا نفرض مثلا اننا نياكمثلث $ا ر ش$ يكون ضلعه وهو $ا ب = ا ر$ وزيادة على ذلك تكون اضلاعه الثلاثة موازية لاضلاع $ا ب$ و $ب ر$ و $ا ر$ على التناظر وبناء عليه يتحصل معنا .

$ا ب : ا ر :: ا ر : ا ش :: ا ش : ر ش :: ر ش : ا ب$
فاذن يكون $ا ش = \frac{ا ر \cdot ا ر}{ا ب}$ و $ا ر = \frac{ا ش \cdot ا ب}{ر ش}$
 $ر ش = \frac{ا ب \cdot ا ر}{ا ش}$

فعلى هذا اذا كان $ا ر = ا ر$ لزم ان يكون $ا ش = ا ش$ وان تكون $ر ش = ر ش$

فاذن تكون اضلاع مثلثي $ا ر ش$ و $ا ر ش$ الثلاثة متساوية على التناظر وبناء على ذلك يكونان متساويين فاذن تكون زوايا $ا = ا$

= ا و ر = ر = ب و ث = ث = ث
فحينئذ اذا كانت اضلاع المثلثين متناسبة فان زواياهما المقابلة للاضلاع
المتناسبة تكون بخصوص هذا السبب متساوية ويكون المثلثان متشابهين

ومتى كان ضلعا ا ب و ب ث من مثلث ا ب ث مناسبين
اضلعي ا ر و ا ث من مثلث ا ر ث وكانت زاوية ا = ا فان
هذين المثلثين يكونان متشابهين لانتسا اذا وضعنا زاوية ا على ا فان
تناسب ا ب : ا ر كتناسب ا ث : ا ث يقتضي ان ا ث
و ا ث يكونان متوازيين وعلى ذلك تكون الاضلاع الثلاثة متوازية

ففي (شكل ٦) اذا رسمنا من نقطة و مستقيمت و ح ر
و و ح ض و و ط ع الثلاثة القاطعة لمتوازي ح ط خ
و ر ع ض تحصل معنا اولا على التوالي بسبب تشابه مثلثي
و ح ط و و ر ع ا ن و ط : و ع :: ح ط : ر ع
وثانيا بسبب تشابه مثلثي و خ ط و و ض ع ان و ط
و ع :: خ ط : ض ع

فاذن يتحصل معنا ان ح ط : ر ع :: ح ط : ض ع
اعني ان ح ط و خ ط و ر ع و ض ع التي هي اجزاء
المتوازيين المقطوعين بالمستقيمت الثلاثة المرسومة من نقطة واحدة تكون
متناسبة وعكس هذه القاعدة صحيح ايضا

ويمكن ان نبرهن الآن على ان الشكلين الكثيري الاضلاع اذا كانت
اضلاعهما المتقابلة متوازية ومتناسبة يكونان متشابهين

فاذا فرضنا مثلان شكلي ا ب ث د ه ف ب ع ا و ا ر ث د ه ف غ ا

(شكل ٩٠). هما اللذان اضلاعهما المتقابلة متناسبة ومتوازية نتج ان

أ ب : أ ر :: ب ث : ر ث :: م : أ وتكون الزوايا
المتقابلة المتألفة من خطوط متوازية اثنين اثنين متساوية فاذن زاوية
ر = ب واذا مددنا خطي أ ث و أ ث فكان مثلثا

أ ب ث و أ ر ث متشابهين حيث ان زاوية ب من كل منهما
تساوي زاوية ر المحصورة بين ضلعين متساويين فاذن يتحصل أ ب
: أ ر :: ب ث : ر ث :: أ ث : أ ث :: م : أ

واذا مددنا بعد ذلك أ د و أ د فان مثلثي أ ث د و أ ر ث
يكونان متشابهين ايضا حيث ان أ ث : أ ر :: ث د : ر ث ::
م : أ وان زاويتي أ ث د و أ ر ث متساويتان لان
اضلاعهما متوازية فاذن يكون أ د موازيا أ ر

واذا تمادينا على البرهنة المذكورة فاستأنق قسم الشكلين الكثيري الاضلاع الى
مثلثات متشابهة

وبناء على ذلك اذا امكن عمل مثلثات متشابهة لمثلثات اخرى امكن بالتدريج رسم
اشكال كثيرة الاضلاع متشابهة لاشكال اخرى ايا ما كان عديد اضلاعها

(بيان بيكار التناسب) *

بيكار التناسب (شكل ١٠) هو آلة يستعملونها لتسهيل التحويلات
التناسبية وللعمليات المتنوعة وهو مركب من مسطرتين متساويتين
ومدرجتين على حدسوا

فاذا اردنا تحويل ابعاد شكل من الاشكال الى نسبة خط معلوم كخط د
الى خط آخر معلوم كخط هـ فالتاثير على ضلع أ ب طول أ م
= هـ ونعين عدد التدرج المقابل للنقطة م ونجعل نقطة ن التي

* (بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة) *

كل شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين متحدين في عدد الاضلاع يكونان متشابهين وبيان ذلك انه حيث كانت اضلاع كل واحد منهما متساوية فبالضرورة تكون متناسبة وتكون زواياهما التي لاتتعلق بالطول بل بعدد الاضلاع من جنس واحد فيهما

ونسبة محيطى كثيرى الاضلاع المتشابهين الى بعضهما كنسبة الاضلاع البسيطة الى بعضها

وعجرا دازدياد اضلاع كثير الاضلاع يكون الشكل مغايرا قليلا للدائرة التي يكون مرسوما فيها فاذن ينبغي ان تكون الدوائر معتبرة كالاشكلال المتشابهة اعنى كالاشكلال التي تكون خطوطها المتشابهة الوضع متناسبة ونسبة محيطات الدوائر الى بعضها كنسبة انصاف اقطار هذه الدوائر الى بعضها

فاذا رسمنا في دائرتين شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين ومتحدين في عدد

الاضلاع مثل ا ب د ه ز ا و ا ب ث د و ف ا

(شكل ١٢) كانت نسبة الخطوط المتناسبة فيهما هي اولاً نسبة

انصاف اقطار الدائرتين وثانياً نسبة اضلاع كثيرى الاضلاع وثالثاً

نسبة محيطى كثيرى الاضلاع المذكورين ورابعاً نسبة محيطى هاتين الدائرتين

واذا رسمنا في دائرة (شكل ١٣) قطر ا ب و ثم رسمنا من نقطة ما

كنقطة ث من هذا القطر خط ح عمودا على هذا القطر ورسمنا

مستقيمي ا ح و ح ب فانهما تصنع مثلث ا ح ب القائم

الزاوية وهى ح وحينئذ يكون هذا المثلث القائم الزاوية مشابها

لكل من مثلثي ا ح ث و ح ب ث الجزئين اللذين تركب

منهما

وبيان ذلك ان زاوية $\overline{أ ح ب}$ الحادة مشتركة بين مثلثي $\overline{أ ب ح}$ و $\overline{أ ح ث}$ القائمى الزاوية والحادة الاخرى مساوية لزاوية قائمة ناقصة زاوية $\overline{أ ف ذ}$ فاذن $\overline{ت ك و}$ زاويا هذين المثلثين الثلاثة متساوية كل لنظيرتها ويكون هذان المثلثان متشابهين

وكذلك زاوية $\overline{ب ح د}$ الحادة مشتركة بين مثلثي $\overline{أ ب ح}$ و $\overline{ب ح ث}$ المذكورين فاذن يكون هذان المثلثان متشابهين وبمقتضى ذلك يتحصل معنا التناسبات الآتية وهى

$$\begin{array}{l} \overline{أ ب} : \overline{أ ح} :: \overline{أ ح} : \overline{أ ث} \\ \overline{أ ب} : \overline{ب ح} :: \overline{ب ح} : \overline{ب ث} \\ \overline{أ ب} : \overline{ب ح} :: \overline{ب ح} : \overline{ب ث} \end{array}$$

فاذن يكون $\overline{أ ب}$ اولاً الضلع الصغير الشمالى الذى هو $\overline{أ ح}$ من مثلث $\overline{أ ب ح}$ القائم الزاوية وسطاً متناسباً بين وتر الزاوية القائمة الذى هو $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو $\overline{أ ث}$ وهو الجزء الموجود على يسار عمود $\overline{ح ث}$

ثانياً يكون الضلع الصغير اليمين الذى هو $\overline{ب ح}$ وسطاً متناسباً بين وتر الزاوية الذى هو $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو جزء $\overline{ب ث}$ وهو الجزء الموجود على يمين العمود المذکور

ثالثاً يكون عمود $\overline{ح ث}$ وسطاً متناسباً بين جزءى وتر الزاوية القائمة اللذين هما $\overline{أ ث}$ و $\overline{ب ث}$

فعلى هذا اذا كان وتر الزاوية القائمة قطر الدائرة وكان $\overline{ح ث}$ نصف

وترعز دى على هذا القطر فان $\overline{أ ح}$ و $\overline{ح ب}$ يكونان وترين آخرين
ممتدين من نهاية القطر

وننتج من ذلك ثلاث خواص . أولا يكون وتر $\overline{أ ح}$ الموضوع على
الشمال وسطا متناسبا بين قطر $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو $\overline{أ ث}$ الموضوع
على شمال نصف الوتر العمودى على هذا القطر

ثانيا . يكون وتر $\overline{ث ح}$ الموضوع على اليمين وسطا متناسبا بين قطر
 $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو $\overline{ب ث}$ الموضوع على يمين نصف الوتر العمودى
على هذا القطر ايضا

ثالثا . يكون نصف وتر $\overline{ث ح}$ وسطا متناسبا بين جزئى القطر الموضوعين
على شماله ويمينه

وكثيرا ما نستعمل هذه الخواص في تقويم نتائج الآلات وحركاتها

(الدرس السادس)

(في بيان اخذ مسطح الأشكال المستوية المنتهية)

(بخطوط مستقيمة او مستديرة)

اذا اردنا قياس المسطحات المنتهية بخطوط مستقيمة او بخطوط منحنية فاننا
نجعل وحدة المقياس الشكل البسيط الهين الرسم والقسمة وهو المربع الذى
يكون احدا اضلاعه مساويا لوحدة الطول

وينبغي ان نبين أولا كيف يمكن بواسطة هذا المربع قياس مربع اكبر منه
اعنى كيف يمكن معرفة عدد مرات احتواء المربع الاكبر على الاصغر
فنقول

انه بقدر مرات احتوا ضلع المربع الاكبر على ضلع المربع الاصغر يمكن ان نحدث في المربع الاكبر طبقات متوازية يكون عرضها الضلع الاصغر وطولها الضلع الاكبر لكن تكون كل طبقة مستقلة على المربع الاصغر بقدر مرات احتوا الضلع الاكبر على الاصغر * مثلاً اذا كان الضلع الاكبر محتوياً على الضلع الاصغر عشر مرات فاننا نقسم المربع الاكبر الى عشر طبقات عرضها الضلع الاصغر وطولها هذا الضلع مكرراً عشر مرات فاذا ن تكون كل طبقة مساوية لسطح المربع الاصغر مكرراً عشر مرات * وعشر مرات مضروبة في مثلها هي عدد المربعات الصغيرة المطروقة في المربع الاكبر ويستدل بتلك البرهنة على انه اذا جعل ضلع اى مربع وحدة الطول كان هذا المربع مظروفاً في مربع آخر يكون مقداره ضلعه

$$36 = 6 \times 6$$

$$1 = 1 \times 1$$

$$49 = 7 \times 7$$

$$4 = 2 \times 2$$

$$64 = 8 \times 8$$

$$9 = 3 \times 3$$

$$81 = 9 \times 9$$

$$16 = 4 \times 4$$

$$100 = 10 \times 10$$

$$25 = 5 \times 5$$

فالاعداد التي هي ١ و ٤ و ٩ و ١٦ و ٢٥ و ٣٦ وهلم جرا تسمى تربعات اعداد ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ الخ لانهم يتدل على عدد المربعات التي يكون ضلعها وحدة الطول المطروقة في مسطح المربعات التي اضلاعها ١ او ٢ او ٣ او ٤ او غير ذلك والاعداد التي هي ١ و ٢ و ٣ و ٤ الدالة على كمية آحاد الطول المطروقة في كل ضلع من المربعات تسمى بزر هذه المربعات

واذا كان المربع الذي يراد قياسه اصغر من الذي جعل وحدة القياس فانه ينبغي تقسيم هذا المربع الاخير الى تقسيمات ثانوية بمعنى ان اضلعه تقسم الى عشرة اجزاء متساوية ويصنع مائة مربع صغيرة متساوية كل واحد منها

يمكن جعله وحدة القياس فاذا كانت هذه الوحدة كبيرة فانها تقسم ايضا
الى اجزاء من مائة مضروبة في مثلها الى عشرة آلاف جزء من الوحدة الاصلية
وهلم جرا (راجع في الجلد الثاني الدرس الذي يذكر فيه الاقيسة)
وبعد تحديد مسطح المربع المأخوذ منفردا ينبغي لسان تركيب المربعات اثنين
اثنين وتقول كيف يؤخذ من علم الهندسة بيان مجموعهم اوتفاضلهم ما اعنى
كيف يمكن عمل مربع يكون سطحه مساويا لمجموع مربعين معلومين
اوتفاضلهم

مثلا اذا فرضنا $أ ب ث د$ (شكل ١) و $د ح ع$ (شكل ٢)
هما المربعان المعلومان فالتاسيس مثلث قائم الزاوية بحيث تكون
زاويته القائمة التي هي $ص$ (شكل ٣) محصورة بين ضلعي
 $س ص = د ح$ و $ص ز = أ ب$ واذا رسمنا مربعين
آخرين بواسطة ضلعي $س ص$ و $ص ز$ فنحصل معنا $س ص$ -
 $= د ح ع$ و $ص ز د = أ ب ث د$ فنقول حينئذ ان مربع
 $س ز ه$ ف الاكبر المرسوم على ضلع $س ز$ يساوي
مجموع المربعين المعلومين

وقد بينا في الدرس الثاني اننا اذا انزلنا في مثلث قائم الزاوية كمثلث
 $س ص ز$ (شكل ٣) من الزاوية القائمة بعمود $ص ع$ على
الضلع الاكبر فانه يتحصل معنا $س ع : س ص :: س ص : س ز$
 $: س ز$ وينتج من ذلك ان $س ص$ مضروبة في $س ص$
 $= س ص \times س ز$ و $ز ع : ز ص :: ز ص : ز ه$
 $ز ص : س ز$ وينتج منه ايضا ان $ز ه \times ز ص$
 $= ز ه \times ز ع$

فان يكون $\overline{س ص} + \overline{ز ص}$ اى مجموع مربعي $\overline{س ص}$ ا-
 $\overline{و ز ص}$ شء مساويا $\overline{س ع} + \overline{ز ع}$ اعى $\overline{س ز}$
 \times $\overline{س ز}$ الذى هو قياس مربع $\overline{س ز}$ هف وحينئذ يكون المربع
 الاكبر مساويا لمجموع المربعين الآخرين
 وبناء على ذلك يكون المربع المرسوم على الضلع الاكبر فى مثلث قائم الزاوية
 مساويا لمجموع المربعين المرسومين على الضلعين الآخرين
 فاذا اردنا عمل مربع مساو لتفاضل مربعين آخرين فالتا صنع مثلثا قائم
 الزاوية يكون ضلعه الاكبر $\overline{س ز}$ (شكل ٣) وهو ضلع المربع الاكبر
 ويكون احد ضلعيه الآخرين $\overline{س هس}$ وهو ضلع المربع الاخير المعلوم
 فيكون ضلع $\overline{ص ز}$ الثالث من المثلث القائم الزاوية هو ضلع المربع
 المطلوب المساوى لتفاضل المربعين الآخرين حيث انه باضافته الى المربع
 الاصغر يكون مساويا للمربع الاكبر

مثلا اذا لاحظنا ان $٩ = ٣ \times ٣$ وان $٤ \times ٤ = ١٦$ وان
 $٥ \times ٥ = ٢٥$ وان $٩ + ١٦ = ٢٥$ رأينا ان ٣
 و ٤ و ٥ هى اضلاع المثلث القائم الزاوية ويستعمل ارباب الصناعة
 فى الغالب هذه الخاصية لتنزىل مستقيم $\overline{س ص}$ (شكل ٣) عمودا
 على مستقيم آخر مثل $\overline{س ص}$ فيقسمون $\overline{س ص}$ الى ثلاثة اجزاء
 ثم يأخذون من هذه الاجزاء $\overline{ص ر} = ٤$ و $\overline{س ز} = ٥$ ويتمون
 مثلث $\overline{س ص ز}$ الذى يكون فيه $\overline{ص ز}$ هو العمود المطلوب
 ولنقص الآن سطح الاشكال التى تختلف كثيرا عن شكل المربع
 فنقول

ان سطح المستطيل يساوى حاصل ضرب القاعدة فى الارتفاع
 ولانبات ذلك تقسم $\overline{م خ}$ (شكل ٤) الى اجزاء مساوية لضلع

أ ب الذي هو من مربع أ ب د ث المجهول وحدة القياس فإذا
مددنا من نقط التقسيم خطوطا مستقيمة موازية لخط م ن فإنها
تقسم المستطيل إلى طبقات طولها م ن وعرضها كعرض المربع
وكل طبقة منها تحتوي على مسطح مربعات أ ب د ث بقدر احتواء
م ن على أ ب وبناء على ذلك إذا عبر عن خط م ن بالاعداد
وكان أ ب هو وحدة القياس فإنه يستدل على عدد مربعات
أ ب د ث الذي يحتوي عليه مستطيل م ن ح ح بقاعدة
م ن مضروبة في ارتفاع م ح .

وقد يلزم في القنون غالبا عمل مربع يكون سطحه مساويا لسطح مستطيل
م ن ح ح وكذلك نصل اطراف ضلعي م ح و م ن (شكل ٥)
ببعضها ونرسم على مجموعها المعتبر كالمقطع نصف دائرة ونقيم من نقطة م
عمود م ر على قطر ح ن ونمد هذا العمود إلى محيط نصف الدائرة
فتحصل معنا (موجب الدرس الخامس)

$$\text{م ن} \times \text{م ح} = \text{م ر} \times \text{م ن} \quad \text{و ينتج من ذلك أن} \quad \text{م ر} = \text{م ح}$$

وحينئذ يكون المربع المرسوم على م ر مساويا لمستطيل م ن ح ح
حيث أن قياس سطحهما واحد

وسطح متوازي اضلاع ل م ن ف (شكل ٦) يساوي حاصل
ضرب قاعدته في ارتفاعه

ولأن ذلك ندمن نقطتي م و ن عمودى م ح و ن ح
على م ن إلى ول ح، فيكون مثلثا م ح ل و ن ح و
متساويين لأن م ح = ن ح (متوازيين محصورين بين

متوازيين آخرين) ولأن الزوايا المتقابلة متساوية أيضا وحينئذ إذا قبلنا

مستطيل م ن ح خ بمتوازي اضلاع م ن و ل رأينا ان هذا

المستطيل يساوي متوازي الاضلاع ز ي ا د مشا ل م خ ونقص

مثلث ن و ح وبناء على ذلك يكون سطح متوازي الاضلاع كسطح

المستطيل مقياسا بمجاصل ضرب قاعدته وهي م ن في ارتفاعه وهو

ح ن

وقد بين لنا تر يبع ضرب الارقام الاتية سطح المستطيل او متوازي

الاضلاع الذي يعبر عن ضلعيه بالاعداد التي لا تتجاوز عشرة وهالك الارقام

المذكورة

١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
٢٠	١٨	١٦	١٤	١٢	١٠	٨	٦	٤	٢
٣٠	٢٧	٢٤	٢١	١٨	١٥	١٢	٩	٦	٣
٤٠	٣٦	٣٢	٢٨	٢٤	٢٠	١٦	١٢	٨	٤
٥٠	٤٥	٤٠	٣٥	٣٠	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥
٦٠	٥٤	٤٨	٤٢	٣٦	٣٠	٢٤	١٨	١٢	٦
٧٠	٦٣	٥٦	٤٩	٤٢	٣٥	٢٨	٢١	١٤	٧
٨٠	٧٢	٦٤	٥٦	٤٨	٤٠	٣٢	٢٤	١٦	٨
٩٠	٨١	٧٢	٦٣	٥٤	٤٥	٣٦	٢٧	١٨	٩
١٠٠	٩٠	٨٠	٧٠	٦٠	٥٠	٤٠	٣٠	٢٠	١٠

فالسطر الثاني دال على سطح المستطيلات او على متوازيات الاضلاع

التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٢ وقواعدها مساوية لعدد

١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ والسطر الثالث دال على سطح المستطيلات

او على متوازيات الاضلاع التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٣

وقواعدها مساوية لعدد ١ و ٢ و ٣ و ٤ وهلم جرا وينبغي ان

يكون

يكون عند ارباب الصناعة جدول كم هذا الجدول معلق في ورشهم ومصابعهم
ويجب عليهم حفظه في اذهانهم حيث ان هذه المعرفة لازمة لعمل ادنى
ضرب

ومسطح كل مثلث مثل $\triangle ABC$ (شكل ٧) يساوى نصف حاصل
ضرب قاعدته في ارتفاعه

ويبان ذلك انما اذا رسمنا خط AD موازيا لخط BC وخط AD
موازيا لخط BC فان المثلث الجديد الذي هو $\triangle ACD$ يكون
مساويا للمثلث الاول الذي هو $\triangle ABC$ الا انه يتألف من
 $\triangle ABC$ متوازي الاضلاع الذي يكون سطحه مساويا لخط BC
الذي هو قاعدة مثلث $\triangle ABC$ مضروبة في ارتفاعه وهو AD
فاذن يكون نصف هذا الحاصل مساويا لسطح المثلث

وحيث انه يمكن دائما تقسيم اى شكل منته بخطوط مستقيمة الى مثلثات
فانه يحصل معنا فوراً مساحة سطح كل شكل كثير الاضلاع منتظماً كان
او غير منتظم وحيث كانت مساحة كل مثلث مساوية لنصف حاصل ضرب
قاعدته في ارتفاعه نشأ عن مجموع حواصل الضرب مساحة السطح المطلوب
وهذه العملية هي احدى العمليات التي تجعل معرفة المثلثات مهمة جداً
في علم الهندسة خصوصاً في اخذ مساحة الاراضى ولنبتداء الان هذه العملية
في مساحة شبهة المنحرف فنقول

سطح شبهة المنحرف يساوى نصف مجموع قاعدتيه مضروبان في ارتفاعه

وذلك ان شبهة منحرف $ABCD$ (شكل ٨) الذي ارتفاعه

h ينقسم بخط EF الذي هو قطر الشكل الى مثلثي $\triangle AEF$

و $\triangle BCF$ الا ان مساحة $\triangle AEF$ $\frac{1}{2} AB \times h$ و $\triangle BCF$ والثاني

$\frac{1}{4}$ د ث \times م \div فيكون مجموع هذين الحاصلين نصف $\overline{أ ب}$
 $+$ $\overline{ث د}$ مضروباً في م \div وهذا $\frac{1}{4}$ كيفية وضعها $\frac{1}{4}$
 (أ ب $+$ ث د) م \div

فإذا تحصل معنا هذا الحاصل وجدنا على الفور مربعا مكافئاً للشبه
 المنحرف بأن تقيس أ ب $+$ ث د (شكل ٢٨) الذي يستدل
 عليه بخط م ن المنفرد (شكل ٥) ونجعل م ح $= \frac{1}{4}$
 م \div ونرسم نصف دائرة ح ر ن فيصير عمود م ر هو ضلع
 المربع المطلوب
 ووسط كثير الاضلاع المنتظم يساوي نصف محيطه مضروباً في بعد مركزه
 عن احد اضلاعه

وبيناها أننا إذا مددنا من نقطة و التي هي مركز كثير اضلاع أ ب ث د
 الخ الى الرؤس الاخر (شكل ٩) خطوطاً مستقيمة فالتسا تقسم هذا
 الشكل الى مثلثات متساوية مثل أ و ب و ب و ث و ث و د
 وهم جراً فإذا كان و م هو بعد المركز عن كل ضلع وكان عين ارتفاع هذه
 المثلثات كان قياس كل مثلث منها $\frac{1}{4}$ أ ب \times و م و قياس المسطح
 الكلي $\frac{1}{4}$ (أ ب $+$ ب ث $+$ ث د و م جراً) و م او
 $\frac{1}{4}$ (أ ب ث د الخ) و م

وكثير الاضلاع المنتظم بغير الدائرة التي يكون مرسوماً في داخلها تغايراً
 اقل من ازدياد عدد اضلاعه فإذاضاعفنا عدد الاضلاع على قدر الكفاية كان
 الفرق اقل من كل كمية مفروضة فإذا ن يمكن اعتبار الدائرة كشكل كثير
 الاضلاع له من الاضلاع الصغيرة عدد جسيم بحيث لا يكون عمود و م

مغائر الكمية معلومة لنصف قطر $و$ $أ$ واذن ثبت المطلوب
وبناء عليه يكون سطح الدائرة مساويا لمحيطها مضروبا في ربع قطرها ونصف
محيطها مضروبا في نصف قطرها

(بيان استعماله تربيع الدائرة)

يسهل علينا بواسطة الحل المبين في (شكل ٥) احداث مربع يكون
سطحه مساويا لسطح دائرة معلومة اذا امكن احداث خط مستقيم طوله
مساو مع الضبط لمحيط الدائرة التي يكون نصف قطرها معلوما الا انه يمكن
تحصيل قياس اي خط مستقيم مع الضبط فكل ذلك احداث مربع مكافئ
للدائرة (وهذا هو المسمى بتربيع الدائرة) وهذه المسئلة من جملة المسائل التي
يستحيل حلها مع الضبط وينبغي ان لا يصرف التلامذة زمانهم واذهانهم
في الامور التي لا ينجحون فيها

ويمكن ان نبين بالاعداد المقدار المقارب لمحيط الدائرة وسطحها بان نشير الى
القطر بعدد

١٠٠ و ١٠٠٠ و ١٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠ و هلم جرا والى
المحيط بعدد

٦٢٨ و ٦٢٨٣ و ٦٢٨٣١ و ٦٢٨٣١٣ والى السطح بعدد
٣١٤ و ٣١٤١ و ٣١٤١٥ و ٣١٤١٥٦ الخ

واذا اكتفينا عن سطح الدائرة الكبرى بسطح قطاع الدائرة وهو $أ ب$
(شكل ٩) الذي يكون قوسه نصف المحيط او ثلثه او رבעه الخ رأينا ان
هذا القطاع يكون ايضا نصف سطح الدائرة او ثلثه او رבעه هلم جرا ويكني
لتحصيل قياسه ضرب ربع القطر في طول قوس $أ ب$ المحصور بين
ضلعي $و أ$ و $و ب$ فاذا طرحنما من هذا الحاصل حاصل ضرب
 $\frac{1}{2} أ ب \times و م =$ لسطح مثلث $و أ ب$ فانه يتحصل معنا
سطح قطعة الدائرة وهي $\frac{1}{2} أ ب$

(بيان مماثلة سطح الأشكال المتشابهة لبعضها)

اولاً نذكر مماثلة المثلثات لبعضها فقول

نسبة سطح كل مثلثين متشابهين تساوي نسبة تربيعة خطين من الخطوط المتقابلة او المتناظرة مثلاً اذا فرضنا ان مثلثي اوب و اود (شكل ١١) اللذين قاعدتهما تساوي نصف ارتفاعهما فان احد مربعي

ا ب د و ا ب د المرسوم على قاعدتهما المعتبرة ضلعاً يكون متساوي الهمما في السطح فاذا نقصت الارتفاعات او زادت بالتناسب وكانت القاعدة باقية على حالها حدث مثلثات متشابهة كمثلثي س ا ب و س ا ب اللذين ينقص سطحهما ويزيد في نسبة واحدة عند ما تكون قاعدتهما واحدة وبناء على ذلك اذا كانت نسبة السطوح مدلولاً عليها من مبدء الامر بمربعي القواعد اللذين هما ا ب د و ا ب د فان هذه النسب تكون على حالة واحدة في جميع الاحوال

ويمكن تقسيم سائر الاشكال المتشابهة الى عدد واحد من المثلثات المتشابهة التي تكون نسبتها لبعضها كنسبة مربعي خطين متقابلين فاذا ثبت المطلوب

ونسبة سطوح الاشكال المتشابهة (المنتهية بخطوط مستقيمة) الى بعضها كنسبة المربعات المرسومة على خطين متقابلين متناظرين الى بعضها

فلذا اذا كان كثير الاضلاع اللذان هما ا ب د ه ف

و ا ب د ه ف ا (شكل ١٢) متشابهين فان نسبة سطوحهما تكون كنسبة مربعي ا ب م ن و ا ب م ن المرسومين على ضلعي ا ب و ا ب المتقابلين

وكذلك يبرهن على ان سطوح الدوائر التي هي اشكال متشابهة تكون مناسبة للمربعات المرسومة على انصاف اقطارها او على اقطارها المعتبرة كالاضلاع

واستعمال هذه التناسبات سهل في الغالب وذلك لان سطح الدائرة التي نصف

قطرها يساوي الوحدة لا يمكن التعبير عنه ولو على وجه التقريب إذا اردنا ضبطه ضبطا واحدا الأبعاد مبهمه غير انه يمكن معرفة نسب السطوح في العادة مع السهولة التامة

ولذلك ربما خاصيتين عظيمتين في شأن سطح الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة والدوائر بدون ذكر برهنتهما لان هذه البرهنة مبنيّة على قواعد علمية متينة جدا فنقول

١- أحدهما ان جميع الاشكال الكثيرة الاضلاع المتساوية في المحيط وعدد الاضلاع اكبرها مسطحا هو كثير الاضلاع المنتظم الثانية انه عند تساوي محيطات الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة يكون اكبرها مسطحا هو الذي يكون عدد اضلاعه اكثر فحينئذ يكون لجميع الاشكال المركبة من الاضلاع المستقيمة او المنحنية مسطح اقل من سطح الدائرة

(بيان اجراء العملية)

لا بد من معرفة الخاصيتين المذكورتين في تنظيم عدة من الفنون فكيفية الرصاص التي ينبغي استعمالها في تركيب الزجاج القديم ذي المسافة المحدودة تكون قليلة جدا إذا كان عدد اضلاع الزجاج معلوما كانت اشكالها منتظمة

وكذلك اذا اقتضى الحال عمل مجمار للهياكل والغاز او غيرهما ولزم لهذه المجاري ان تفتح طريقا بقدر معلوم من السائل فان كمية الخشب او المعدن المستعملة لهذه المجاري تكون قليلة جدا اذا كانت تلك المجاري مستديرة

واذا كان المطلوب في فن المباني ارتفاع العمارة ومحيطها وكذلك اعتماد اسوارها الخارجية فان المسافة التي يمكن احاطتها بكمية واحدة من البناء تكون كبيرة جدا كلما قرب شكل العمارة من شكل كثير الاضلاع المنتظم او من كثير الاضلاع الذي يكون عدد اضلاعه كثيرا

ولنتكلم الآن على السطح غير المنتهى من المستوى الذى رسمنا عليه الاشكال
المتنوعة التى ذكرنا قبلا ها هنا فنقول متى كانت نقطتان من المستقيم على
المستوى فانه يكون موجودا بتسامه على هذا المستوى وتستعمل هذه
الخاصية فى القنون لرسم سطوح مستوية وقطع مسافات مستوية ايضا
(بيان اجراء العملية فى صناعة الصينى)

اذا اردنا كما في فن صناعة الصيني ان نحدد قطعة من الارض ونجعلها على
صورة سطح مستو فالتناضع شاخصين متوازيين او بروزا مستويا مثل
م ن ح ح (شكل ١٣) ثم نتقدم مع التوازي بواسطة مسطرة
ض ط القائمة المستندة على مناخض م ن و ح ح ونفصل
او نخصر جميع الارض البارزة فوق المستوى الماتربشاخصي م ن
و ح ح ولا يلزم ان يكون بروز م ن ح ح مركبا من
مستقيمتين متوازيتين مثل م ن و ح ح و م ح و ن ح
وانما يكفي تلاقى هذه المستقيمتين اثنتين اذا اريد امتدادها
(بيان اجراء العملية في قطع الانودا)

القارة التي خشبها مستقيم وحديد هاريزيل جميع ما هو بارز على هذا اللوح ليحصل الاتحاد بين اللوح المذكور وخشب القارة ثم يسمح بهذه الآلة مع المرور من الجهة المنتهية إلى الأخرى ليرسم بجله من الخطوط المستقيمة المتوسطة المارة بخطوط الأطراف .

ثم إن نشر الطول والتجاريعينان فوق الخشبة التي يريد إصلاح مجهة منها وكذلك تحتها رسم المستوى المراد عمله ثم يوجه النشار مغشاه والتجار قادمه على هذين الرسمين

والى الآن لم نعتبر المستوي واحدا وخطوطا من سومة عليه فلنقابل بالتوالي المستوى مع الخطوط التي لا تكون كلها مظهر فيهِ وتقابل ايضا عدة مستويات ببعضها فنقول انه يمكن ان يكون الخط المستقيم عمودا او مائلا على مستوي معلوم او موازيا له .

فاذا فرضنا ان **أ ب** (شكل ١٤) هو الخط القصير الذي يمكن مده من نقطة **أ** على مستوى **م ن ح** فبناء على ذلك يكون ذلك الخط اقصر خط يمكن مده من نقطة **أ** المذكورة على اى خط مستقيم مرسوم في المستوى فاذن يكون هذا الخط عمودا على مستقيمي **ب ه** و **ب ف** المرسومين على المستوى من موقع **ب** من هذا العمود فيقال حينئذ ان مستقيم **أ ب** هو العمود على مستوى

م ن ح

وبناء على ذلك يكون اولا العمود الممتد من اى نقطة على اى مستوي كان هو اقصر بعد بين النقطة والمستوى وثانيا يكون عمودا على سائر الخطوط المرسومة من موقعه في المستوى المذكور .

وبالجملة اذا اخذنا مسطرة مثلية للهديرها على احد ضلعي زاويتها القائمة فان الضلع الاخير يرسم بالضرورة مستويا .

ويستعملون هذه الخبائية الهندسية الاخيرة في تركيب الآلات المأخوذة من علم النظر لعلى الهيئة والملاحظة وغيرها

وحيث كان **أ ب** (شكل ١٤) عمودا على مستوى **م ن ح ح**
 فان كل خط مثل **أ د** او **أ ه** ممتد من نقطة **أ** على احد خطوط
د ب ف المرسوم على المستوى يكون ما تلا بالنظر للخط والمستوى
 وعلى ذلك يكون كل ماثل من مائلي **أ د و** **أ ه** بالنظر للسطح والخط
 المستقيم اطول من عمود **أ ب** وكلما تباعد عنه كبر طولهما
 وإذا فرضنا اننا مددنا من نقطة **أ** سائر الخطوط المائلة التي يمكن مدّها
 على مستقيم **د ب ف** المرسوم على المستوى والمات بموقع **ب** من
 العمود فان كل نقطة مثل **د و ف** وغيرهما من مستقيم
د ب ف ترسم دائرة في مستوى **م ن ح ح** ونضيق نقط
 كل دائرة على بعد واحد من نقطة **أ** التي هي من العمود المذكور
 ويطلق اسم محور الدائرة على العمود النازل على مستوى هذه الدائرة الممتد
 من المركز فان يكون هذا المحور عمودا على سائر انصاف اقطار تلك
 الدائرة

وقد يكون محور العجلة عمودا على مستويها وبناء على ذلك اذا دارت هذه
 العجلة على محورها فان كلا من نقطتها يتحرك بدون ان يترك هذا المستوى
 وعلى هذا لا يتغير موضع العجلة بالنسبة للأشياء المكتسفة بها وانما تأخذ نقطتها
 المتنوعة مواضع بعضها

وقد بنوا على هذه القاعدة الهندسية حركة ارجار الطاحون فجعلوا حجرين على
 محور واحد فصارت اوجهمها المستوية عمودية على هذا المحور فكانت بذلك
 موازية لبعضها وكان احد هذين الحجرين يمكث ثابتا بخلاف الآخر فانه يكون
 متحركا على هذا المحور الا ان العجلة المتحركة حين تدور بحيث يكون وجهها
 المستوى الاسفل يدور معها وتكون حركته على نفسه تمكث دائما على بعد
 واحد من الوجه المستوى الاعلى للعجلة الثابتة فعلى ذلك اذا كان بعد هذه
 العجلات منتظما بحيث لا يمكن لحبوب البراءل مرور بين الحجرين من غير ان تطحن

فان الطعن جيتنذبهم سائر النقط الموجودة بين الحجرين
وفي ذلك فائدة عظيمة ويلزم مزيد الضبط في اجراء عملية الآلات فاذا كان
توازي العجلات غير تام وكان عمود الحجر المتحرك غير عمودي على مستوى هذه
العجلات بل كان له ميل قليل عند تحريك ذات اليمين وذات الشمال فانه مستوي
الحجرين لا يكتمل انما على بعد واحد في جميع هذه الصور واذا تقاربت
الاجزاء تقارب اكياسها من بعضها وبلغ المطحن الغاية في الشدة ترتب على ذلك
سخونة الحبوب وتلفها بخلاف ما اذا لم تتقارب الاجزاء قربا مناسبا فانه يتعذر
طحن الحب ويكون دوران العجلات خاليا عن الفائدة فمراعاة الضبط في هذا
الشان اولى من مراعاة الزينة والزخرفة واتباع ما تسوقه النفس في ذلك
من الامور فهذا الشرط لا بد منه في نجاح العملية

(بيان عملية خراط الاجسام)

قد تكون الخواص التي ذكرناها انما مستعملة في الفنون لرسم الدوائر بواسطة
المخرطة وهي آلة ذات نقطتين ثابتتين يعلق فيها الجسم الذي يراد خراطه
فاذا وضعنا هذه الآلة الحادة وضعنا ثابتا وادركنا الجسم فانها تقرب اجزاء
الجسم البارزة وترسم فيه دائرة يكون محورها الخط المستقيم المار بنقطتيها
الثابتين ويكون مركزها ايضا على هذا الخط المستقيم
فاذا فرضنا ان حد الآلة يتقدم في الرسم بالتدريج على صورة خط عمودي
على هذا الخط المستقيم فان جميع الدوائر التي ترسم بالتوالي بواسطة الحد
المذكور تكون موضوعة على مستوى عمودي على المستقيم المذكور المار
بطرفي المخرطة ولذا يمكن استعمال هذه المخرطة في رسم اي مستوكان وهذه
هي الطريقة المستعملة في معامل الآلات التي يحتاج فيها لقطع السطوح
المعدنية او اطراف الاسطوانيات التي ينبغي تحرير اطرافها على بعضها مع غاية
الضبط على ما تقتضيه صورة المهتموى

(بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برامة في شان)*

* (قطع السطوح المستوية) *

كان برامة المذكور يدبر حول محور منتصب ثابت بحلة اقصية محتوية على عدة آلات حادة وجميع هذه الآلات لا تبرز مع التساوى تحت مستوى الدائرة وانما تجتمع خمسة اوسمة وتبرز بالتدريج وقد تكون قطعة الخشب المراد اصلاحها موضوعة على بحلة اقصية تتقدم وتقر تحت العجلة ذات الآلات الحادة فحدود كل بحلة من الآلات المذكورة تخرط قطعة الخشب بحيث يكون اقل تلك الآلات بروزا يخرط الخرطة الاولى المقورة بالتدريج بواسطة الحدود الاربعة او الخمسة من كل بحلة وبعد ذلك تكون القطعة المستمرة في التقدم مصلحة الجزء التالي بواسطة بحلة اخرى ذات خمسة حدود اوسمة فاذا احدثت الآلات الحادة المنتشرة على محيط العجلة في قطعة خشب الحزوز الضيقة جدا فان الفارة الثابتة على العجلة والمساوية في الارتفاع للآلات الحادة البارزة اكثر منها تمر على قطعة الخشب التي ترسمها الآلات المذكورة وتزيل تعريجات هذه الخطوط وبذلك يتم تهذيب قطعة الخشب واصلاحها

وكل خطين عمودين مثل أ ب و ث د (شكل ١٥) على مستوى واحد مثل م ن ح ح يكونان متوازيين ولاجل البرهنة على ذلك نمد من ب و د اللذين هما موقعا هذين العمودين مستقيما ب د على المستوى ثم نقيم على هذا المستوى من منتصف ب د وهو و عمود ه و ف

فاذا جعلنا و ه = و ف كانت تقطنا ب و د على بعد واحد من ه و ف وزيادة على ذلك يكون كل من تقطعي أ و ث من خطي أ ب و ث د العمودين على مستوى م ن ح ح على بعد واحد ايضا من تقطعي ه و ف وبيان ذلك اننا اذا مدنا مايلي ف د و ه د وكان هذان المائلان على بعد

واحد من عمود ود على ه و ف فانهما يكونان متساويين
وكذلك اذا كان مائلا ث و ف على بعد واحد من عمود ن د
من المستوى فانهما يكونان متساويين ايضا وبالجملة فعلى ما ذكر يكون خطا
ه ا ف متساويين فلذلك ينتسب كل من عمودي ا ب
و ث د الى المستوى المنفرد المحتوى على سائر النقط التي على بعد واحد
من نقطتي ه و ف الثابتين وبناء على ذلك يكون كل من خطي
ا ب و ث د العمودين على مستقيم واحد مثل ب د موجودا
على مستوي واحد ويكونان ايضا متوازيين
ثم ان السطح الافقي هو الذي يستدل عليه بالمياه الراكدة بالابتداء من اى
نقطة من هذا السطح ويطلق على العمود النازل على هذا المستوى اسم
المنتصب فبناء على ذلك تكون سائر الخطوط المنتصبة متوازية بالنظر للمستوي
افقي معلوم
والشاقول هو خيط مقبوض على احد طرفيه باليد او مربوط في نقطة ثابتة
وبطرفه الاخر قطعة رصاص فاذا استقر هذا الخيط استقر اراما كان له
اتجاه منتصب المكان الذي يكون فيه الانسان وعلى ذلك فيمكن استعماله
ليعرف هل الخط والمستوى الذي هو س ض (شكل ٦ مكرر)
افقي ام لا ولذا يستعمل البناء مثلثا مثل ه ا ث ويطلقون عليه اسم آلة
التسوية وهي مركبة من ضلعي ه ا و ه ث المتساويين ومن عارضة
ع ش التي يكون منتصفها وهو و موجودا على مستقيم
ه و ب العمودي على ا ب ث فاذا كان ا ب ث اقويا
فانه ينبغي حين وضعه فوق آلة التسوية وتعيين الشاقول في نقطة ه
ان يمس هذا الخيط ع و ش في نقطة و المينة بالعلامة
وتسمى المستويات المنتصبة باسم المستويات المحتوى سطحها على المنتصب

بتمامه فإذامدنا خطا منتصباً من نقطة اى مستوكان فانه ينبغي ان يكون
موضوعاً بتمامه في ذلك المستوى حيث انه مواز للمنتصب الاول الموضوع
على المستوى المذكور .

والمستويان المنتصبان يتقاطعان بالضرورة بواسطة مستقيم منتصب حيث
انه يلزم ان يكون المنتصب الممتد من النقطة المشتركة بينهما موجوداً بتمامه
على كل من المستويين وبهـ كثر استعمال المستويات الافقية والمنتصبية
والخطوط المنتصبية في عدة من الفنون لاسيما ما يتعلق منها بالعمارات
وكذلك تكون في مساكن القرى الارضيات والسقوف والتحامات الحجار
النحت والطوب الاحمر من أسفلها وأعلاها في الجدران العادية على اشكال
مستوية افقية

واما مستويات الجدران الخارجية والداخلية والحوارج فهي مستويات
منتصبية وكذلك الاضلاع التي تتكون من الجدران وجهات الابواب
والشبابيك وغيرها فهي منتصبية الشكل لانها توجد كلها على مستويين
منقصبين

ونفرض في رسم الهندسة الوصفية وقطع الاحجار والاشخاب والمباني من
حيث هي ان الرسم الاول يعمل على مستواقي والثاني على مستو منتصب
واذا كان المستوى المذكور خارج العمارة يطلق عليه اسم الارتفاع واذا كان
مارة بها يسمى بالقطع

واذا لم يخط مستقيم بنقطتي ا و ث (شكل ١٦) اللتين على بعد
واحد من مستوى م ن ح فان جميع النقط الاخرى من هذا
المستقيم وهو ا ث تكون ايضا على بعد واحد من هذا المستوى

وبيان ذلك اننا اذا مددنا من ا ب متوازيات ا ب و ث د
و ه ف عمودية على مستوى م ن ح فانه ينتج معنا عند رسم
مستقيم ب ف د في هذا المستوى ان ا ب = ه ف

= ث د مهما كان وضع نقطة ه

ويتألف من مجموع هذه المستقيمات المتساوية من نقطة أ (شكل ١٦)
العمودية على أ ب مستوفاذن يكون أ ب مقياس إبعاد سائر نقاط
هذا المستوى من مستوى م ن ح ح وحينئذ يكون المستويان
العمودان على مستقيم أ ب المذكور على بعد واحد من بعضهما وكذلك
إذا كان خطا أ ب و ث د عمودين على أحد المستويين فأنهما
يكونان عمودين على المستوى الآخر وبقيسبان أقصر بعد بين هذين
المستويين

وإذا تلاقى مستويان مثل ن ح ح و ن ح ر ص فأنهما
يتقاطعان في مستقيم ن ح.

وبيان ذلك أننا إذا مددنا من نقطتي التلاقي كنقطتي ن ح مستقيما
فانه ينبغي أن يكون هذا المستقيم بتمامه على المستويين المحتويين على هاتين
النقطتين وبناء على ذلك يكون هذا الخط مشتركا بين هذين المستويين

وإذا فرضنا أن مستوى ن ح ح م يكون ماثلا قليلا لوكثيرا على
ن ح ر ص فانه يتحصل مغنا زاوية صغيرة أو كبيرة منحصرة بين
مستويي ن ح ح م و ن ح ر ص وهالكيفية قياس هذه
الزاوية

وهي ان غمد (شكل ١٧) في المستوى الاول خط ث أ وفي الثاني
ث ب عمودين على مستقيم ن ح المشترك بين المستويين ويستدل
على الزاوية المتكونة من هذين المستويين بالزاوية المتكونة من المستقيمين
المذكورين

وإذا فرضنا أن مستوى ن ح ح م يدور حول ن ح كما يدور
حول أي محور كان فان كلا من نقطتي هذا المستوى يرسم دائرة ويجوب

المستوى نفسه سائر المسافة الموجودة حول المحور اذا قطع كل من نقط محيط الدائرة تمامه واذا قسمنا هذه المسافة المقطوعة الى اجزاء متساوية فان كل نقطة نرسم في كل جزء عددا واحدا من الدرجات وحينئذ يكون هذا العدد معد القياس زاوية المستويين الدائر ن ح

وقد يعمل صناعات آلات العلوم الرياضية للمخمين والملاحين ومهندسي الجغرافيا آلات تقاس بها الزاوية الحادثة من مستويع آخر وتكون هذه الآلات مصنوعة غالبا على حسب القاعدة التي ذكرناها آنفا ويكون آ ب الذي هو قوس الدائرة الممرجة (شكل ١٧) في مستو محدّد بخيوط

عضادتي ث ا و ث ب العموديتين على المستويين اللذين ينبغي قياس ميلهما وتكون نهاية ب ثابتة على احدهذين المستويين ونقطة ا التي يقطع القوس فيها المستوى الاخر دالة على عدد درجات ميل هذين المستويين

ولاجل تحديد اتجاه مستو مائل نضعه عادة على مستواقي نخط تقاطع المستوى المائل على المستوى الافقي هو المسمى بانثر المستوى المائل وبناء على ذلك اذا رسمنا بوجه عمودي على هذا الاثر او لا خطا اقليبا وثانيا خطا مستقيما موضوعا على المستوى المائل فان الزاوية الواقعة المتكونة منهما تكون دالة على زاوية المستويين

ويكون خط ث ا المائل (شكل ١٧) الذي يبناه آنفا مائلا اكثر من كل خط مرسوم على المستوى المائل وهو ن ح ح م

ولاجل البرهنة على ذلك نرسم افقي س و ص موازيا لاثري ن ح من المستوى المائل و ث و ا عمودا على التوازيين فيكون ن و قياس بعد هذين المستويين فاذا انزلنا بنقط س و ص من المستوى المائل الموضوع على ارتفاع واحد على نقط ح و ث و ن الخ

المتساوية ايضا كان اقصر بعد اعنى خط الانحدار الاكبر هو خط و ا

العمودى على متوازي س و ص و ج ث ن

واذا تكلمنا على السطوح المخنية رأينا ان في استعمال الخطوط الاقيمة
والخطوط ذات الانحدار الاكبر فائدة عظيمة في رسم صورة هذه السطوح
على المستويات

وقد يكون كل من المستويين عمودا على الآخر اذا تألف منهما من جهتي
اليمين والشمال زوايا متساوية وتكون هذه الزوايا بالمسوحة بخطوط مستقيمة
عمودية قائمة

واذا كان مستقيم عمودا على مستوكان ث جميع المستويات الجديدة الممتدة من
هذا المستقيم عمودية على ذلك المستوى

ولیکن ا ب (شكل ١٨) عمودا على مستوى م ن ح ح

و ف ع د ه هو المستوى الممتد من ا ب فاذا رسمنا على

م ن ح ح ا ث عمودا على ع د فان زاوية با ث التي
يقاس بها ميل هذين المستويين تكون قائمة وبناء على ذلك يكون كل من
المستويين عمودا على الآخر

واذا كان المستويان المتوازيان مقطوعين بثالث فان مستقيمي التقاطع
يكونان متوازيين والافهما متلاقين في بعض الجهات فاذا يتلاقى كل من
المستويين الاول والثاني اللذين هما جزء من هذين المستقيمين وبناء على ذلك
يكونان غير متوازيين

وكل مستقيمين متوازيين منحصرين بين مستويين متوازيين يكونان
متساويين ويبان ذلك اننا لاذامدنا من هذين المستقيمين مستويا ثالثا فانه
يقطع المستويين الاولين بحسب المتوازيين الجديدين المستقلين على المتوازيين
الاولين فاذا يكون المتوازيان المنحصران بين المتوازيين متساويين

وكل مستقيمين مثل أبث و دهف (شكل ١٩) مقطوعين
بثلاثة مستويات متوازية مثل ن ح و ج ر و ض ط
يكونان مقطوعين إلى أجزاء متناسبة

ولاجل البرهنة على ذلك نمد أ هـ ف موازيا دهف وحيث أن هـ
و ف و هـ و ف هي نقط تلاق هذين المستقيمين مع مستوي
ح ر و ض ط ينتج معنا أ هـ = ده و هـ = هـ ف
غير أن مستقيمي أبث و أ هـ موضوعان على مستوي واحد قاطع
لمستوي ح ر و ض ط بحسب مستقيمي ب هـ و ث ف
المتوازيين فاذن يتحصل معنا هذه النسبة

أ ب : ب ب :: أ هـ : هـ ف :: ده : هـ ف

وقد بقي علينا أن نتكلم الآن على الزوايا المجسمة مثل أبث المتألفة
من مستقيمتين أ و ب و ث الثلاثة المتلاقية في نقطة و
الدالة على ثلاثة أجزاء من مستويات أوب و بوث و ثوا
وقد تدل هذه الزاوية كما يترأى لنا على ثلاث زوايا عادية مثل أوب
و بوث و ثوا وعلى الزوايا الثلاثة الحادثة من المستويات
المأخوذة اثنين اثنين ويؤخذ من الهندسة الوصفية الطرق التي يعرف بها الزوايا
المتألفة مع المستويات من المتوازيات ومن الزوايا الحادثة من الخطوط
وبالعكس

(الدرس السابع)

(في بيان المجسمات المنتهية بالمستويات)

قد ذكرنا لك خواص الخط المستقيم والدائرة وبجئنا بالتوالي عن الاشكال
التي تحدثها الصناعة اما بالخطوط المستقيمة او بالدوائر ولنسلك الان بهذه
الطريقة على المجسمات التي يمكن تحديدها اولاً بواسطة المستويات
وثانياً بواسطة السطوح المخنية المأخوذة من الدوائر فنقول
كل مجسمين صليبين يكونان متساويين اذا فرض انهما خازجان من قالب واحد
كصورة نصف شخص وصورة صغيرة صانعهما جيباس واحد

وكل مجسمين صليبين مثل م ن و د ه ب و م د و د ه ن
(شكل ٢٣) يكونان متماثلين الصورة والوضع اذا امكن اتصال نقطتهما
المتقابلتين بخطوط مستقيمة متوازية ب يكون منتصفهما على مستوى
ابث العمودي عليهما وهذا المستوى هو تماثل مجموعتهما

(بيان اجراء العملية)

قد يحتاج في الصناعة لان يحدث في كل وقت اجسام متماثلة بالنسبة لاجسام
اخرى اجسام مركبة من جزئين متماثلين كالعمارات المنتظمة والهياكل
والقصور المبنية على حسب مستوي واحد

وليس الغرض من الانتظام في الغالب الا الزينة واللاطفة بالنظر لمحصلات
الصناعة المقصود منها الثبات والديموم كالبيوت والكنائس وغير ذلك
وقد يكون الانتظام المذكور لازماً لعدة عظيمة من الاجسام التي تحدث عدة
حركات متساوية مع السهولة جهتي اليمين والشمال وهذا هو الحكمة في كون
القدرة الاهمية جعلت لاغلب الحيوانات ضلعين متماثلين متصلين بمستوي
واحد تمتد في حركتها المتتابعة الاعتيادية وعلى مقتضى هذا الاصل قد جعل
المهندس البحري جهتي اليمين والشمال من سفنه متماثلتين بالنسبة للمستوى
الذي يبين اتجاه السير المتوالي وقد تكون العربات ايضا متماثلة بالنسبة لهذا

المستوى على حسب قاعدة تضاهي هذا الاصل وهلم جرا (راجع المجلد الثاني من الكتاب عند ذكر الالات)

والقضيب هو واحد الاجسام الصلبة غير المتناهية التي اوجهها المستوية منتهية بخطوط مستقيمة متوازية وتسمى اضلاعا ويتألف المنشور من قطع القضيب بواسطة مستويين متوازيين ومن ذلك يحصل معنا القطعان السبيان بالقاعدتين وهما شكلان كثيرا الاضلاع عددا اضلاعهما مساو لعدد اوجه المنشور وقد يكون هذا المنشور قائما او مائلا على حسب كون القاعدتين عموديتين او مائلتين بالنسبة لاضلاع المنشور وقد يكون مخروطا ناقصا اذا لم تكن القاعدتان متوازيتين

ويكون المنشور القائم منتظما بالنسبة للمستوى الذي يقطع في زاوية قائمة من المنتصف اضلاعه التي تكون حينئذ اعمدة متممة لشروط الانتظام وهما ايضا مناسير ناقصة منتظمة بالنسبة للمستوى الذي يقطع كذلك في زاوية قائمة من المنتصف جميع اضلاعها

(شكل ١) ويكون للمنشور المثلثي ثلاثة اوجه وزيادة على ذلك يكون له قاعدتان مثلثتان وجميع التغيرات التي تحصل في شكل المثلث تحصل ايضا في شكل المنشور المثلثي

* (بيان اجراء العملية في علم النظر) *

يستعمل الطبيعيون منشورا من زجاج اوبلور لتحليل الضوء الذي تفصل اشعته المختلفة في حال مرورها ووجهها من المنشور لتدخل فيه ووجهها آخر لتخرج منه وحينئذ يرى بالترتيب الاتي الالوان السبعة الاصلية وهي الاحمر والبرتقائي والاصفر والاخضر والازرق والبنيلي والبنفسجي وهذا هو الذي يطلق عليه اسم شعاع الشمس

* (بيان اجراء العملية في علم المباني) *

يستعمل البناء منشور ا ب ث د ف القائم المثلثي ذا القواعد

المنتظمة (شكل ٧) ليصنع سطح العمارات المنتظمة الذي له وجهان وقوصرات او حائط جلون ويستعمل المنشور الناقص المنتظم (شكل ٨) في السطوح ذات الجوانب الاربع وهذا الشكل هو شكل تلال الاجار المصطفاة على جوانب الطرق التي ينبغي اصلاحها وحيث كان هذا الشكل منتظما وسهل القياس امكن في اسرع وقت تحقيق كمية الاجار التي يحتوي عليها كل تل وبهذا الداعي يكون ذلك الشكل ~~صحيح~~ كثير الاستعمال في تلال الرصاص والشكل المصنوعة التي في حواصل الطوبجية

(بيان اجراء العملية في الميكانيكة)

يستعملون في صناعة الآلات منشورا مثلثيا ذا قواعد منتظمة وشاخصا ثابتا تجوز به البراويز والعربات التي يراد أن يكون سيرها كامل الاستقامة والمنشور المربعي (شكل ٢) هو الذي يحتوي على اربعة اوجه ويكون كل من قاعدتيه شكلا مربعا كما يدل على ذلك اسمه فاذا كان المربع متوازي الاضلاع فان المنشور يسمى متوازي السطوح ويسمى ايضا متوازي المستطيلات اذا كانت جميع اوجهه زوايا قائمة وزيادة على ذلك اذا كانت القاعدة مربعا فانه يسمى متوازي السطوح المربعي وهو شبيه بالمسطار التي تستعمل لتسطير الورق وبالجملة فاذا كانت جميع اوجهه متوازي السطوح مربعات فانه يسمى قدحاً مكعباً وهو ما يستعمل في لعب النرد

وللماشير القائمة المربعة ذات القواعد المنتظمة مستويات منتظمة موازية لاضلاعها ومارية بمحور عمائل كل قاعدة

فاذا كانت القاعدة مستطيلة كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة موازية للأوجه الستة المأخوذة منثنى منثنى واذا كانت القاعدة شكلا معيناً كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة * احدها المستوى الذي يكون على بعد واحد من القاعدتين ثانيها وثالثها المستوى المار بلقطار الشكل المتوازية من قواعد المعينات

وفي المكعب تسعة مستويات متماثلة منها ثلاثة موازية للأوجه وثلاثة مارة

بأقطار شكل هذه الواجهة

وفي كل من هذه المناشير تمر مستويات التماسيل بالنقطة المعلومة التي هي مركز المنشور وتتقاطع متنى متنى على الخطوط المجهولة أقطارا ومحاورا المنشور المذكور * ولهذه النقطة وتلك الخطوط خواص نافعة في علم الميكانيكة سنذكرها في المجلد الثاني من هذا الكتاب (عند ذكر الآلات)

* (بيان أجراء عدة عمليات مختلفة) *

يستعمل النجار وقطاع الخشب والحديد وجم غفير من أرباب الصنائع المناشير المنتظمة ذات الواجهة الأربعة وقد تكون شواحي البيوت الأفرنجية وعوارضها وسائر أخشاب السقوف مناشير من هذا الجنس وكانت في قديم الزمان مناشير مربعة القاعدة لكنهم منذ عرفوا تقويم قوة الأخشاب حق المعرفة عرفوا فائدة استعمال المناشير الدقيقة الرفيعة في صورة ما إذا كانت هذه المناشير ثقيلة قليلا واستعمال المناشير العريضة في صورة ما إذا كانت ثقيلة كثيرا

وقد تكون الأعمدة المربعة والحملات المربعة أشكالا متوازية المستطيلات

* (بيان المناشير البلورية) *

يشاهد غالبا فيما أوجده الله تعالى في التبلرات الطبيعية من الأشكال الهندسية المتنوعة المضبوطة مناشير مثلثية ومربعة ومسدسية ومثلثية وغير ذلك وأعلم أن معرفة هذه الأشكال البلورية من أعظم العمليات الهندسية حيث نشأ عنها معارف نفيسة تتعلق بالجواهر التي يتركب منها هذا البلور وبالجملة فإذا قسمنا هذه التبلورات قسم مضبوطة على حسب أوجه التجام أشكالها الأصلية فأتانعرف بواسطة الهندسة جميع تنوعاتها ونبين مائة الأشكال الرئيسية حتى الاختلافات العظيمة في الظاهر ولنبين الآن الطرق المستعملة في قطع المنشور القائم في جسم أي شكل كان فنقول

اذا مبدئاً بقرب الجسم الذي يراد قطعه الى منشور وترا موازيا للاتجاه الذي
 ينبغي جعله للاضلاع مع فرض ان ذلك الاتجاه افقي لاجل السهولة فاننا
 نضع على هذا الوتر احد ضلعي المسطرة المثلية الموضوعة وضعاً اقرباً ثم نعين
 على هذا الجسم بواسطة الشاقول الذي نوجهه على امتداد الضلع الاخر من
 المسطرة المذكورة عدة نقاط تكون فيما بعد لقاعدة المنشور المراد رسمه وبعد
 تمام ذلك تقطع بالقاس او بالمنشار او بأي آلة كانت الجسم على حسب المستوى
 المنتصب الذي يمر بالنقط المعينة ثم نرسم على هذا المستوى كثير الاضلاع
 المتألف من القاعدة ونقّب من مبداء كل رأس من رؤس كثير الاضلاع
 المذكور ثقبوا في الجسم يكون عمقها من جميع جهاته عمودياً على هذه القاعدة
 وتكون هذه الثقوب اضلاعاً للمنشور ثم نصليج من كل ضلع الى آخر الجسم على
 حسب القواعد المذكورة في الدرس السادس ولاجل صحة العملية يلزم
 ان نقّب من مبداء الامران الاضلاع تكون عمودية مع الإحكام والاتقان
 على مستوى القاعدة وعلى اضلاع هذه القاعدة التي تتلاقى مع كل ضلع
 ولاجل مزيد التحقيق ننظر هل جميع الاضلاع تبقى على بعد واحد في سائر
 الجهات ام لا وهذا امر ضروري لا بد منه وانها تكون موجودة مثني مثني
 في مستوا واحد وهذا يدرك بمجرد النظر متى لوحظ ان اى ضلع من الاضلاع
 يمكن ان يخفى عن الناظر جميع نقاط الضلع التالي او المتقدم عليه مباشرة
 فاذن لا يبقى علينا الا عمل القاعدة الثانية فلنرسمها بواسطة مسطرة مثلية
 بان نمد على اوجه المنشور عدة اعمدة على الاضلاع بشرط ان يكون الاخير من
 هذه الاعمدة يعود مع غاية الدقة والضبط الى النقطة التي ابتدئ منها برسم
 العمود الاول وهذه هي القاعدة المستعملة عند تجاري البيوت ومهندسي
 السفن .

واذا قطعنا الوجه الاول من المنشور وارادنا عمل الالوجه المتلاصقة فاننا
 نستعمل المسطرة المثلية الصحيحة او الفاسدة في مسح الزوايا المتألفة من هذه
 الالوجه وحدها ومع القواعد ونقّب من مسافة الى اخرى على الوجه الذي

يراد عمله ثقبو با عميقة بحيث يكون احد ضلعي المسطرة المثلثية داخلها جميعا
الضبط والصلع الاخر واقعا على الوجه المصنوع قبل ذلك فاذا كان كل من
ضلعي المسطرة المثلثية متجهين متجاهاً عمودياً على الضلع الذي يفصل الوجه
المصنوع من الوجه الذي يراد عمله فان عمق الثقب يكون واقعا مع الاتقان
على هذا الوجه الاخير

وبعد ان تجهز من مسافة الى اخرى الخطوط المؤشرة لايبقى علينا الا رفع
المادة واصلاحها بين هذه الخطوط لاجل عمل الوجه الجديد

وقد يرسم بالنظر لعلم الهندسة بواسطة الخطوط التي لا تدل على اختلاف
ما بامتدادها ووضعها الاشكال المحدبة والمجوفة القابلة للتعشيق في بعضها
مع الدقة والضبط الا انه عند العملية يكون الاختلاف بين نوعي الاشكال
المحدبة والمجوفة عظيماً جداً

وقد يظهر لنا من صناعة المناشير شاهد على ذلك وقد بينا آنفاً الطرق التي
بها يمكن عمل المنشور المجوف بواسطة البكار والمسطرة العادية والمسطرة
المثلثية وسائر الآلات الحادة فاذا كان المراد عمل منشور مربع وكان ذلك
المنشور متوازي المستطيلات مثلاً كأغلب العلب المستعملة في المعامل
الصغيرة والمعدة لنقل الاشياء بدأنا بجعل سمك الألواح مستحسننا وبعد ان
تفصل هذه الألواح بالمسطرة المثلثية في العرض والطول المطلوبين تكون
مناشير محدبة فتكون بمنزلة الوجة للمنشور المجوف المراد عمله ويكون
اثنان منها متقابلين على حسب طول العلبة وعرضها واثنان على حسب
طولها وارتفاعها واثنان آخران على حسب ارتفاعها وعرضها ثم نضعها
بحوار بعضها بان نضعها امامنا بواسطة المسامير او بالغر او اما الجهة التي يراد
قلعها يكون اوقفل فاتها توصل بواسطة مشبك كالرزة مثلاً فاذا كانت
الألواح ملصقة مع بعضها حدث بالضرورة عن اتصالها ببعضها شكل متوازي
السطوح وانما ينبغي التنبيه على ان الواح الاربع تكون بالنظر لسمكها منضجة
في زاوية مقدارها ٤٥ مخرقة في خطي ١١ و ١٢ وهلم جرا راجع

(شكل ٣). أو مستوية كما في شكل ٤

وإذا كانت العلبة متسعة جدا بحيث لا يكفي ان يكون عرض اللوح وجهها من اوجهمها فانتانضم اليه عدة الواح متلاصقة واذالم يكن المطلوب شغلا محتاجا للاثقان فانتانضع عوارض حيث ما اتفق ونضمها بواسطة المسامير التي تكون في العلبة من جهة واحدة كالصناديق العادية المعدة لحفظ المهمات والبضائع التي تنقل بواسطة العربات المعدة للنقل

فاذا كان المطلوب اجر أشغل مهم فانتانضم الالواح الى بعضها بان تقطع اولها على ساحة احدها الذي هو **ب د ج ح** (شكل ٥) لسانا مجوفا ونقطع ثانيا على ساحة اللوح المثل الذي هو **ب د ن م** حزام الصورة لكي يدخل فيه لسان مع غاية الضبط والاحكام

وليس اللسان في الحقيقة (شكل ٥) إلا منشورا محدبا قائم الزوايا وليس الحز ايضا المنشور المجوف قائم الزوايا وبناء على ذلك يمكن عمل كل منهما بواسطة القارة كما سنبين لك ذلك

وكذلك العاشق والمعشوق (شكل ٦) فانهما منشوران قائما الزوايا احدهما محدب والثاني مجوف وحيث كانا مضاهيين في ذلك للعزوز والالسنه كانا مفصلين على وجه ينضمان به الى بعضهما مع غاية الدقة والضبط فاذا اقتضى الحال ضم منشورين الى بعضهما بواسطة المسطرة المثالية فانتانستعمل كلاهما الى العاشق والمعشوق ويمكن تفصيل العاشق بواسطة المنشور بخلاف المعشوق فلا يمكن تفصيله الا بالمقراض وزيادة على ذلك يلزم لهذا الاخير مدة طويلة من الزمن وهذا مثال يدل على الصعوبة التي يكابدها الشغال في عمل المنشور المحدب والمجوف

وقديظم ريلنا من فن النجارة وفن قطع الاخشاب زيادة على ما ذكرناه ايضا من الاشكال الاخر علميات بدعية موجزة تتعلق بالاشكال المنتهية للمستويات ومنها ما هو مجوف ومنها ما هو محدب وهي متعشقة ببعضها تعشقا

جيذا

ويحتاج قطاعوالاخشاب في الغالب الى عمل المناشير اوربمها بواسطة قطع
خشب تتركب منها اضلاع المناشير كما في تركيب السقوف مثلا ينظم رلنا
من شكل ٧ تخشبية السقف الذي يكون على صورة منشور مثلثي يزيد في
الارتفاع على منشور مربعي اى يت قائم الزوايا متخذ من الخشب ولاجل عمل
هذا البيت ينبغي لقطاع الخشب ان يحمل كثيرا من المسائل الهندسية السهلة
بموجب القواعد المقررة في هذه الدروس وينبغي له ايضا معرفة مساحة كل
قطعة من التخشبية وتحصيل طولها وشكلها الحقيقي مع زواياها
المرتفعة المنقولة على قطع الخشب التي يفصلها على حسب الصورة المستحسنة
وغير ذلك

وبناء على ذلك ينبغي لقطاع اخشاب للبيوت معرفة سائر اصول الهندسة
التي ذكرناها آنفا لتيسر له العمل عليها مع الضبط بدون توقف في الاحوال
المرضية التي يكون عمل الجاهل فيها بالصدفة والاتفاق فيكون فاسدا
في الغالب

وقد يتفغ علم الهندسة ايضا مهندس السفن حيث يلزمه احداث اشكال
تحتاج الى انغزارة في العلم ويكون خسنها منوطا بصحة العملية بواسطة العلوم
الهندسية

وهناك شكل اسهل من المنشور في الظاهر لان اوجهه اقل من اوجه المنشور
المذكور الا انه اصعب منه في الحقيقة حيث ان اوجهه غير متوازية وهذا
الشكل هو الشكل الهرمي

ويتركب الهرم كما في شكل ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ٢٠
من اوجه مستوية مثلثية فكون رأسها في نقطة واحدة ويتألف منها مع
قاعدتها شكل كثير الاضلاع المستوي وهذا الشكل هو قاعدة الهرم
وكذلك الرأس المستوية بين تلك الواجه المثلثية تكون رأس الهرم
وتكون قاعدة الهرم التماثل شكل كثير الاضلاع التماثل وتكون رأسه
موضوعة في مستوى التماثل

وقاعدة الهرم المنتظم هي كثير الاضلاع المنتظم وزيادة على ذلك يلزم ان تكون رأس الهرم ومركز القاعدة على مستقيم عمودي على مستوى هذه القاعدة فاذا فرض ان القاعدة اقلية لزم ان تكون رأس الهرم قائمة على مركز القاعدة ويكون الشاقول الموضوع بهذا الوجه كالأعلى محور الهرم المنتظم

وقاعدة الهرم المثلثي الذي هو و ا ب ث (شكل ١٢٠) هي مثلث

ا ب ث وقاعدة هرم ا ب ث د ه المربعي (شكل ١١) هي مربع ب ث د ه وهم جرا

وكذلك تكون سقف القلاع والابراج سواء كانت مثلثية او مربعة اهراما قاعدتها المثلث او المربع المتألف من برزخ البرج والدور (شكل ١٠٩ و ١٠٩) وكذلك تكون البرابي او المسلات اهراما منتظمة كالانار العمومية وهي في العادة اهرام مربعة ولنشرع الآن في كيفية عمل مسلة من حجر تكون اقلية اعني ملقاة على الارض ويكون محورها اقبيا ايضا وقاعدتها منتصبة قائمة فتقول

نقطع في الصخر او في حجر الصوان مستويا منتصبا ونرسم عليه مربع ب ث د ه (شكل ١١) المستعمل قاعدة للمسلة ثم نبدء بقطع الوجه الاعلا وهو ا ث د ووجهي ا ث ب و ا د ه المتصلين ببعضهما ونلاحظ والامع غاية الضبط ان الزوايا المتألفة من ا ب ث و ا ث ب و ا د ه ومن مستوى القاعدة تكون مساوية بالكلية لزوايا المسلة المرسومة وتكون هذه العملية مضبوطة اذا ثبت ان رأس ا تكون على مستقيم او العمودي على مستوى القاعدة المار بمركزها وهو و واذا جعلنا و م على مستوى القاعدة ثم جعلناها ان موازيا ومساويا لخط و م المذكور فانه بواسطة تلك الكيفية يرى في اتجاهين مختلفين ان مستقيم ل ب م الذي يلزم موازاته لخط او يكون

عمودا على ان و وم فعلى ذلك يكون محور و ا عمودا على المستقيمين
 المرسومين من نقطة و على مستوى القاعدة ويكون هذا المحور عمودا
 ايضا على ذلك المستوى فاذا كانت سائر الشروط متوفرة وكان الخط الناشئ
 عنها يينا فلا يبقى علينا الا عمل وجه اب الاسفل الذي يكون مستويا
 محدودا بضلع اب و ا

فاذا اريد عمل هرم مثلث على اي صورة كانت في كتلة من الحجر
 او الخشب مع فرض معرفة صورة القاعدة والزوايا المتألفة من مستوى هذه
 القاعدة ومن الاوجه الثلاثة الاخر فالتساير ثم نقطع الوجه المستوي
 على حسب القواعد المقررة في الدرس السادس ثم نرسم بواسطة المسطرة
 المثلثية التي يكون ضلعاهما متجهين اتجاههما عمودا على ضلعي
 القاعدة الاوجه الثلاثة المستوية وهي ابو و بثو

و اثو (شكل ١٢) التي يتكون منها مع القاعدة الزوايا المقررة
 وهذه الاوجه الثلاثة هي اوجه شكل الهرم
 وفي الغالب يكون وضع الرأس معيناً (شكل ١٢) بنقطة م التي
 يقع فيها عمود وم على القاعدة وعلى ارتفاع وم وفي هذه الصورة

نرسم القاعدة وتجعلها مستوية ثم نقيس بالشاقول ارتفاعا ش

و ح ز المساويين لخط وم فاذا كانت نقطتا ح و ن

مساويتين لمستوى القاعدة فالتساير ور = م ح و وح

= م ن فتكون نقطة و التي يتلاقى فيها خطا ور و وح

الاقصيان رأس الهرم ومتى كانت الرأس معلومة فالتساير نضع اولاً حجم كتلة

الخشب او الحجر بان نحدد فيها محوراً على هيئة خط مستقيم بموجب خطوط

و ا و ب و و ثم نسطح تلك الكتلة بين هذه الخطوط

المستقيمة

ويسهل علينا في بعض الصور بواسطة الرسم الهندسي ان نبدأ باخذ مساحة

زوايا الاوجه الثلاثة التي على القاعدة ثم نرسم هذه الاوجه من غير ان يحصل

مشقة في وضع الرأس

ولذا يكفي أن نمد (شكل ١٣) من نقطة $م$ التي هي موقع عود $وم$ النازل من الرأس على القاعدة $م هـ$ و $م ح$ و $م غ$ العمودية على خطوط $ا ب$ و $ب ت$ و $ت ا$ على وجه التناظر ثم نرسم في جهة أخرى مثلثات $م هـ د$ و $م ح و$ و $م غ ز$ القائمة الزوايا فتكون زوايا $م هـ م$ و $م ح م$ و $م غ م$ زوايا الاوجه الثلاثة من الهرم والقاعدة

ويظهر لنا من القواعد التي لابد منها في رسم المثلث الشروط الضرورية في تساوي المثلثين وكذلك تساوي الهرمين فيكون كل هرمين مثلثيين متساويين بقيود أربعة الاول ان تكون الأوجه الثلاثة من احدهما مساوية للوجه الثلاثة من الآخر الثاني ان يكون الوجهان والزوايا المستوية المحصورة بينهما من كل من الهرمين المذكورين متساوية الثالث ان يكون الوجه والزوايا الثلاثة المستوية التي ينسب اليها هذا الوجه متساوية في كل منهما ايضا الرابع ان تكون الاضلاع الستة متساوية في كل منهما ايضا وهم جرا

وللتدريب على عمل الاهرام ورسمها وحسابها فائدة عظيمة في العمليات التخطيطية التي لا تكون فيها النقط المراد تحديدها وضعها في مسطور واحد فعلى ذلك ننقل وضع كل نقطة مرصداها الى وضع النقط الثلاثة الاخر التي يتكون منها المثلث المجهول قاعدة ونقيس بواسطة الآلات التي هي الغرافومتر ودائرة التكرار والتبديد الزاوية التي يصنعها الشعاع النظري المتقدم رأس كل مثلث مجهول قاعدة الى الشيء المرصود اما بواسطة ضلع القاعدة او بواسطة مستويها فاذا انضمت الأشعة الثلاثة النظرية الى ثلاثة اضلاع القاعدة فانه يتألف منها الهرم الذي تكون رأسه النقطة المرصودة وهذه العمليات الصعبة مقصورة على الصنائع العلمية كصناعة مهندسي

الادروغرافيا او الجغرافيا وصنائع المساحين المتوطنين بالعمليات الجسمية
كالعمليات التي تتعلق بحساب البلاد وجميع ما يخصها

واذا كان اى جسم منتهي من جميع جهاته باوجه مستوية فان هذه الواجهة
تكون منتهية ايضا بخطوط مستقيمة يتكون منها مضلعات مستوية ومن
المعلوم انه يمكن تحليل هذه الاشكال كثيرة الاضلاع الى مثلثات فعلى هذا

اذ جعلنا نقطة $و$ في داخل جسم $ا ب ث$ الخ (شكل ٢١)
كانت على حسب ما نروده فيمكن ان نعتبرها اولا كراس عدة اهرام مضلعة
تقدر ما يوجد من الاشكال كثيرة الاضلاع المعتبرة اوجها لهذا الجسم وثانيا
نعتبرها كراس عدة اهرام مثلثية بقدر ما يمكن رسمه من المثلثات على هذه
الواجهة وفي هاتين الصورتين يحدث عن مجموع هذه الاهرام الجسم بتمامه
(بيان مساحة الاجسام المنتهية باوجه مستوية) *

حيث ان المربع قد جعل قياسا للسطوح لزم جعل المكعب الذى هو جسم
منته من جميع جهاته بالمربعات قياسا للعجوم
وتكعيب الجسم هو معرفة عدة مرات احتواء ذلك الجسم على المكعب
المأخوذ وحدة ولنبدا ببيان الكيفية التي يقاس بها حجم المكعب الاكبر بواسطة
المكعب الاصغر فنقول

نفرض مثلا ان ضلع المكعب الاكبر هو $ث$ (شكل ١٤)
يكون محتويا عشر مرات على ضلع المكعب الاصغر وهو
 $ب$ فنقسم المكعب الاكبر الى عشر قطوع موازية لاحد اوجيهه وممتدة
في السمك ويكون هذا السمك ممكلا للمكعب الاصغر وتكون قواعد هذه
القطوع محتوية عشر مرات مضروبة في مثلها على احد اوجه المكعب
الاصغر وكل قطع منها يحتوى على المكعبات الصغيرة عشر مرات مضروبة
في مثلها فاذن يكون مجموع القطوع العشرة محتويا على المكعبات الصغيرة
عشر مرات مضروبة في ضعفها ويشار الى هذا الضرب بهذا الرقم ١٠
واذا سمعنا على هذا النوال وعرفنا ان $٢ \times ٢ \times ٢ = ٨$ و ٣

$3 \times 3 = 27$ وهم جراعلنا ان اضلاع المكعب الاكبر اذا كانت
تحتوى على ضلع المكعب الاصغر بقدر عدد من هذه الارقام وهى ١ و ٢
و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ فانه يوجد في المكعب
الاكبر من المكعبات الصغيرة ١ و ٨ و ٢٧ و ٦٤ و ١٢٥ و ٢١٦ و ٣٤٣
و ٥١٢ و ٧٢٩ و ١٠٠٠ ولاجل الاختصار في ذلك نقول ان
٨ هى مكعب ٢ و ٢٧ مكعب ٣ و ٦٤ مكعب ٤
وهلم جرا ومعناه عدد المكعبات الصغيرة المحتوى عليها المكعب الاكبر الذى
يكون ضلعه مساويا لضلع المكعب الاصغر ٢ و ٣ و ٤ من المرات
وحجم المنشور المربع يساوى حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه
فلنفرض ابوالا المنشور المستطيل كما في (شكل ١٥) فنقسمه بالنظر
لقاعدته الى عدة قطوع بقدر ما يحتوى ارتفاعه من المرات على وحدة
القياس اى ضلع المكعب الاصغر المأخوذ وحدة لذلك ويوجد مكعبات صغيرة
في القطع بقدر مرات احتواء قاعدة ذلك القطع على قاعدة للمكعب الاصغر
فعلى ذلك يكون عدد المكعبات الصغيرة الكلى مساويا للعدد الدال على سطح
القاعدة المضروب في العدد الدال على الارتفاع وهذا هو المسمى بحاصل ضرب
القاعدة في الارتفاع

وكل منشورين قاعدتهما المستطيلة واحدة وارتفاعهما واحد وكان
احدهما وهو $أ ع$ قائما (شكل ١٦) والاخر وهو $أ غ$ مائلا
فان حجمهما يكون واحدا

ولاجل البرهنة على ذلك نلاحظ ان منشورى $أ ب ه ف$ هدف
و $د ش ع$ شرح المثلثين متساويان لان ارتفاعهما وهو
أ ب واحد وقاعدتهما هما ه ا ه و د ش شرح مثلثان متساويان
لان $ه ا = د ش$ ولان الضلعين الاخرين متوازيان على التناظر
فاذا اضفنا الى متوازى السطوح وهو $أ ب ث د ه ف ع ش$
منشور $د ش ع ش شرح$ المثلثي وطرحنا مساويه وهو

أ ب ه ف ن ه تحصل معنا منشور أ ب ث د ه ف ن غ ش
الرباعي المائل فاذن يكون هذا الأخير متحدا للجسم مع المنشور المستطيل الذي
تكون قاعدته واحدة وارتفاعه واحدا

ولتبيين مع السهولة ان حجم منشوري أ ب ث د ه ف ن غ ش
و ا ر ث د ه ف ن غ ش (شكل ١٥) متحد مع حجم اى
منشوري يكون ارتفاعه واحدا وقاعدته شكلين متوازيين الاضلاع
مسطحة ماسا ولسطح قاعدة أ ب ث د المستطيلة
وحجم المنشور القائم المثلثي يساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وذلك لانه يمكن تقسيم كل منشور مربعي مثل أ ب ث د ه ف ن غ ش
(شكل ١٧) الى منشورين مثلثيين متساويين في الحجم وهذا التساوي
يحصل ايضا اذا جعلنا اضلاع متوازي السطوح مائلة بدون ان تتغير قاعدته
وارتفاعه الا ان سطح قاعدة المنشورين المثلثيين الذي هو أ ب ث
او ا د ب يكون نصف سطح ا ب ث د الذي هو قاعدة متوازي
السطوح فاذن يكون حجم المنشور المثلثي مساويا لحاصل ضرب قاعدته
في ارتفاعه

وحجم كل منشور كثير الاضلاع مثل أ ب ث د ه و ا ر ث د ه
(شكل ١٨) يساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه
وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذا المنشور الى عدة منشورات مثلثية بقدر احتوائها
قاعدته وهي أ ب ث د ه على مثلثات مثل أ ب ث و ا ث د الخ
يكون ارتفاعها عين ارتفاع المنشور الكلي فيكون حجمها الكلي هو مجموع
القواعد المثلثية التي هي أ ب ث و ا ب د و ا د ه مضروبا
في الارتفاع

(بيان تكعيب شكل الاهرام)

ولنبين بالهرم المثلث فنقول

حجم الهرم المثلث هو ثلث حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبرهان ذلك اننا اذا اخذنا اي منشور مثلثي مثل ا ب ث (شكل ١٩)

وقطعناه بمستوى ا ث ه المار بنقطة ا ث الذي هو ضلع القاعدة

ونقطة و التي هي رأس الزاوية فتحصل معنا ا ب ه هرم ا ب ث ه

المثلثي الذي تكون قاعدته وارتفاعه عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبقى علينا

الهرم المربعي الذي قاعدته ا ث د ورأسه ه فنقسمه بمستوى

ا ه ف الى هرمين مثلثيين فيتحصل معنا هرم ا د ه ف المقابوب الذي

قاعدته د ه ف ورأسه ا فعلى هذا تكون قاعدته هذا الهرم وارتفاعه

عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبالجمله اذا قابلنا هرم ا ث ه وهو الثالث

بهرم ا د ه ف فانه يترأى لنا انه يساويه في الحجم لانه اذا جعلنا مثلث

ا د ف = ا ث ف بالنظر لقاعدتيهما كان رأس الهرمين وهو

ه واحدا فاذن يمكن اعتبار حجم كل منشور مثلثي مكافئا لحجم ثلاثة اهرام

ارتفاعها واحد وقاعدتها واحدة فعلى ذلك يكون حاصل ضرب قاعدة

كل هرم في ارتفاعه الذي هو حجم المنشور مساويا لثلاث مرات لحجم هذا

الهرم

وحجم اي هرم كان (شكل ٢) يساوي ثلث حاصل ضرب القاعدة

في الارتفاع

وبرهان ذلك ان تقسم القاعدة الى مثلثات مثل ا ب ث و ا ب د

و ا د ه الخ يكون كل منها قاعدة لهرم مثلثي رأسه نقطة و ويكون

قياس كل من هذه الاهرام المثلثية سطح مثلثات ا ب ث و ا ب د و ا د ه

الخ مضروبا في ثلث ارتفاع و س المشترك فعلى ذلك يكون قياس

الهرم الكلي هو حاصل ضرب القاعدة الكلية في ثلث هذا الارتفاع

بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته بأوجهه مستوية على حسب المطلوب (شكل ٢١)

إذا جعلنا في هذا الجسم أى نقطة مثل $و$ رأساً للآهرام التى تكون قاعدتها أوجه الجسم المستوية فإن مسطح كل وجه مضروباً فى ثلث بعده من رأس $و$ يكون حجم الهرم المقابل ويكون مجموع الحواصل حجماً للجسم ولتسهيل هذه الطريقة ينبغى المكث فى داخل الجسم ذى الأوجه المستوية وقياس بعد كل وجه عن هذا المستوى مع الضبط وعدم التساهل والافاضى بناءً على ذلك إلى الوقوع فى عمليات هندسية عويصة مشكلة لا تلائم سرعة عمليات الصناعة وسهولتها وهى الطريقة الأخرى تفضل الأولى فى السهولة والسرعة ولنبحث قبل أن نتصدى لذلك هذه الطريقة عن تقويم حجم المنشور

الناقص المثلثى مثل $أ ب ث د ه$ (شكل ٢٢) ثم تقسمه إلى ثلاثة آهرام وتجعل قاعدة الأول $أ ب ث$ وارتفاعه $ب ه$ فعلى ذلك يكون حجم قاعدة $أ ب ث$ مضروباً فى ثلث $ب ه$ والثانى الذى قاعدته $أ ث ف$ ورأسه فى $ه$ يكون مكافئاً للهرم الذى رأسه فى $ب$ وقاعدته $أ ث ف$ أو الذى قاعدته $أ ب ث$ ورأسه فى $ف$ ويكون الهرم الثالث الذى هو $أ د ف ه$ مكافئاً للهرم $أ د ف ب$ المكافئ لهرم $أ ب ث د$ فاذن يكون منشور $أ ب ث د ف$ الناقص مكافئاً فى الحجم للآهرام الثلاثة التى قاعدتها المشتركة $أ ب ث$ ورواسها المتناظرة فى $د و ه و ف$ على نهاية الأضلاع الثلاثة

فإذا كانت تلك الأضلاع عمودية على القاعدة كان حجم الآهرام الثلاثة والمنشور الناقص هو سطح $أ ب ث \times \frac{1}{3} (أ د + ب ه + ث ف)$

فإذا كان المطلوب حجم منشور من أولاده $ف$ الناقص (شكل ٢٣)

المختصين بمستوي م ن و و د ه ف المائلين على اضلاع المنشور
فاننا لاجل ذلك نقرض ان ا ب ث يكون عموديا على هذه الاضلاع
فينحصل معنا ما يأتي وهو

$$\text{حجم } \underline{\text{ا ب ث د ه ف}} = \text{سطح } \underline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{ا د} + \text{ب ه} + \text{ث ف})$$

$$\text{وحجم } \underline{\text{ا ب ث م ن و}} = \text{سطح } \underline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{ا م} + \text{ب ن} + \text{ث و})$$

فاذن ينتج من ذلك

$$\text{حجم } \underline{\text{م ن و د ه ف}} = \text{سطح } \underline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{د م} + \text{ه ن} + \text{ف و})$$

ويسهل علينا بواسطة هذه القواعد تحديد حجم الجسم المنتهي باوجه مستوية
بان نقسم هذا الجسم الى مناشير كاملة ومناشير ناقصة مثلثية يستعمل معرفة
حجمها على الفور فيكون مجموع هذه المجاميع هو نفس حجم الجسم
ويمكن ان نبرهن مع السهولة على ان حجم كل منشور تام او ناقص مربعي مثل

$$\underline{\text{ا ب ث د ه ف ع ش}} \text{ (شكل ٢٤) اضلاعه عمودية على قاعدة } \underline{\text{ا ب ث د}} \text{ هو سطح هذه القاعدة مضروبا في ربع مجموع الاضلاع الاربعة التي هي } \underline{\text{ا ه}} \text{ و } \underline{\text{ب ف}} \text{ و } \underline{\text{ث ع}} \text{ و } \underline{\text{د ش}}$$

وبيان ذلك اننا اذا قسمنا ا ب ث و الى المنشور المربعي ا ب ث و المنشورين مثلثيين
كمنشوري ا ب ث ه ف ع و ا ب ث ه ش ع ثم الى منشوري

أ ب د ه ف ش ر ب ث د ف ع ش تحصل معناجم

المنشورين الاولين $= \frac{1}{4}$ سطح أ ب ث د $\times \frac{1}{4}$ (أ ه)

+ ب ف + ث ع + أ ه + د ش + ث ع (

وحجم المنشورين الآخرين $= \frac{1}{4}$ سطح أ ب ث د $\times \frac{1}{4}$ (أ ه)

+ ب ف + د ش + ب ف + ث ع

+ د ش)

فاذا اخذنا مجموع هذين الحاصلين تحصل معناجم المنشور المربعي مرتين

$= \frac{1}{4}$ سطح أ ب ث د $\times \frac{1}{4}$ (أ ه + د ش + ب ف

+ ث ع + د ش) فاذن يكون حجم المنشور المربعي

في حد ذاته $\frac{1}{4}$ سطح أ ب ث د (أ ه + ب ف + ث ع

+ د ش)

(اجراء العملية في تكعيب قارين السفن)

قد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن تقسيم القارين الى قطوع افقية بواسطة

المستويات الافقية من خطوط الماء التي تكون على بعد واحد من بعضها

ويمكن تقسيمه ايضا الى قطوع منتظمة بواسطة مستويات اخر تكون على

بعد واحد من بعضها ايضا وتسمى مستويات الازدواج وتقطع هذه

المستويات حجم القارين الى مناشير مستطيلة متساوية القاعدة وناقصة من

كل جانب ويحصل الحجم الكلي لهذه المناشير الناقصة بضرب قاعدتها

المستقيمة في ربع اربعة اضلاع كل منشور الا ان كلاً من هاتين الاضلاع

الاربعة يستعمل في اربعة مناشير (ماعدا اضلاع الجوانب فانها لا تستعمل

الا في منشورين فقط ولذلك لا يمكن اخذ كل منها الا نصف مرة وهناك اربعة

اضلاع لا تستعمل الا في منشور واحد فلا يؤخذ منها الا الربع ليضاف الى مجموع

الاضلاع المستعملة في اربعة مناشير) فاذن يكون الحجم الكلي للقارن مساويا لسطح احد المستطيلات اعنى حاصل ضرب بعد مستويات خط الماء في بعد مستويات الازدواج وفي مجرد مجموع مسائر هذه الاضلاع التي تكون اقصية وموضوعة معا على كل مستويين مستويات الازدواج وعلى مخط الماء ونستعمل هذه العملية التقريبية السهلة الوجيزة في معرفة حجم اى جسم كان وكل جسمين متماثلين يكونان متساويين في الحجم

وبيان ذلك اننا اذا قسمنا هذين الجسمين الى مناسير ناقصة مثلثية اضلاعها الخطوط المتوازية التي تحدد التماثل في شكل منشور ناقص مثل

من وهدف (شكل ٢٣) موضوع من جهة مستوى التماثل الذي

هو ابث تحصل معنا من الجهة الأخرى منشور م ج و د ه ف

الناقص بشرطان $د م = م$ و $ه ن = ه$ و $ه ه = ه$ و $ف و$

== ف و فيكون المنشوران الناقصان متساويين في الحجم فاذن يكون مجموع
سائر هذه المناشير الناقصة بالنظر للجسم الاول مساويا لمجموع سائر المناشير
الناقصة المتقابلة بالنظر للجسم الثاني فعلى هذا اذا كان الجسمان ذوا الوجة
المستوية متماثلين كان حجمهما دائما متساويين وحيث كانت هذه
الخاصة صحيحة ايا ما كان عدد الوجة فانها تكون ايضا صحيحة اذا كان هناك
عدة اوجه صغيرة ~~ي~~ ~~م~~ ~~ك~~ ~~ن~~ بواسطتها اعتبار الاجسام منتهية بسطوح
منحنية لا اوجه مستوية

وبناء على ذلك يكون كل مستوى تماثل أي جسم فاسمًا لهذا الجسم إلى قسمين متساويين في الحجم

*** (بيان المجسمات المتشابهة) ***

یکون هرما اب شد و ار شد (شکل ۲۰) متشابهین

اذا كانت اضلاعهما المتقابلة وهى أب و ا- و بث و ش

و ث د و ش و اد و اء متوازية
 وذلك لان من المعلوم ان المثلثات المتألفة من اوجه الهرمين المتقابلة تكون
 متشابهة اذا كانت اضلاعها متوازية فاذن تكون الزوايا الثلاث المستوية
 التي يتكون منها رأس كل من الهرمين متساوية كل لنظيرتها وزيادة على
 ذلك تكون الاضلاع الثلاثة التي يتألف منها كل زاوية مجسمة متوازية
 اذا طبقنا هرم ا ر ش على الهرم الاخر مع التوازي بحيث تكون
 نقطة ا واقعة على ا ر و ا على ا ب و ا على ا ث
 و ا على ا د فاذن تكون مستويات ا ر و ا ب و ا د
 و ا ب د و ا ش د و ا ث د منطبقة على بعضها وبناء عليه
 تكون زاويتا ا و ا المحسنتين من الهرمين متساويتين وبذلك يبرهن
 على ان زوايا ب و ر و ث و د و د و د تكون
 متساوية وحينئذ متى تحقق هذا الشرط وهو كون اضلاع الهرمين المتقابلة
 متوازية كانت جميع الشروط المغتبرة في تشابه الشكلين متحققة ايضا
 فاذا كانت اوجه الهرمين المتشابهين متناسبة بدون توازي اضلاعها فانهما
 يكونان متشابهين
 وبيان ذلك انه اذا كانت الاضلاع الثلاثة من كل من اوجههما المتقابلة
 متناسبة فان هذه الواجهة تكون متشابهة وتكون الزوايا المستوية متساوية
 فاذن تكون الزوايا المجسمة المتألفة من الواجهة ثلاثا ثلاثا متساوية ايضا وتكون
 جميع شروط التناسب موفى بها
 وكل مجسمين منتهيين باوجه مستوية يكونان متشابهين اذا كانت اضلاعهما
 المتقابلة متناسبة وكانت زواياهما المتقابلة متساوية سواء كانت مستوية
 او مجسمة
 وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذين المجسمين الى اهرام اضلاعها متناسبة

وزواياها المتقابلة متساوية

وحجم هرمي أ ب ث د ه خ و ا ر ش د ه المتشابهين
(شكل ٢٦) يكونان مناسبين المكعبات الاضلاع المتقابلة ويبان ذلك
ان حجم كل هرم يساوي حاصل ضرب قاعدته في ثلث ارتفاعه فعلى ذلك
اذا كانت قواعد ب ث د ه ف و ب ر ش د ه ف الخ اشكالا
متشابهة فانها تكون مناسبة للمربع المرسوم على احد اضلاعها فيحصل
حينئذ (شكل ٢٦) هذه النسبة وهي

سطح $\text{ب ث د ه ف} : \text{ب ر ش د ه ف} :: \text{ب ث م ن}$

ب ر ش م د : فاذا رسمنا حينئذ على ب ث م ن و ب ر ش م د
المجموعتين قاعدتين مكعبا فانه يتحصل معنا حجما المكعبين وهما

$\text{ب ث}^3 = \text{ب ث} \times \text{ب ث} \times \text{ب ث}$ و $\text{ب ر ش}^3 = \text{ب ر ش} \times \text{ب ر ش} \times \text{ب ر ش}$

$\times \text{ب ر ش}^3$ امكن نسبة $\text{ب ث} : \text{ب ر ش} :: \frac{1}{8} \text{ب ث}^3 : \frac{1}{8} \text{ب ر ش}^3$

فاذن تكون نسبة $\text{ب ث}^3 : \text{ب ر ش}^3 :: \text{ب ث} : \text{ب ر ش}$ $\times \frac{1}{8} \text{ب ث}^3 : \frac{1}{8} \text{ب ر ش}^3$

ففي التناسب الاخير يكون الحدان الاخيران دالين على حجم الهرمين والحدان
الاولان دالين على حجم المكعبين

ونسبة حجوم المجسمات المتشابهة المنتهية باوجه مستوية على حسب المطلوب
كنسبة مكعبات الخطوط المتقابلة

ويبان ذلك انه يمكن تقسيم تلك المجسمات الى اهرام متشابهة متحدة العدد ونسبة
اضلاعها المتقابلة واحدة وهي ر الا ان الهرمين اللذين تكون نسبة
اضلاعها المتقابلة الى بعضها كنسبة أ الى ر تكون نسبة حجمهما

الى بعضهما كنسبة $\frac{1}{2}$ الى مكعب $\frac{1}{8}$ فاذا ضممنا من جهة الاهرام الصغيرة الى بعضها وضممنا من جهة اخرى سائر الاهرام التي تزيد عنها في الحجم بقدر $\frac{1}{8}$ اعني ثلاث مرات فان نسبة الججوم الى بعضها تكون

١ الى ٢

ويتبين ان نوضح هذا الدرس للتلامذة بان نبين لهم المنشاير والاهرام المجوفة المتساوية والمنشاهية والمتماثلة الخ ونوضح لهم ايضا الدروس الالية بان نبين لهم الاسطوانات والخاريط والاكر المجوفة مع القطوع المحكمة العمل

(الدرس الثامن)

(في بيان الاسطوانات)

اذا تحرك خط مستقيم على امتداد خط منح مثل $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{8}$ الخ (شكل ١ و ٢ و ٣) وكان دائما موازيا لاتجاه معلوم فانه يتولد منه اسطوانة ومن ثم يطلق عليه مولد الاسطوانة وكل مستقيم مثل ١١

و $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{4}$ الخ يدل على وضع الخط المولد لها فانه يكون احد اضلاع تلك الاسطوانة

وهناك عدة انواع مختلفة من الاسطوانات بقدر ما يوجد من انواع المنحنيات

مثل $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ الخ التي تستعمل في استقامة حركة خط التولد ويمكن

ايضا ان نصنع بواسطة منحني $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ (شكل ١ و ٢) عدة

اسطوانات مختلفة على حسب ما في مستقيم ١١ و $\frac{1}{2}$ المولد لها من الانحرافات المتنوعة

وحيث انه يترآى للمهندس ان المستقيم الثام يتقدم طريقه الى ما لا نهاية له لزم ان تمتد الاسطوانة من طرفي اضلاعها الى ما لا نهاية حتى تكون نامية

ولكن للأسطوانة في الصناعة طول محدود دائما من طرفي اضلاعها فلذا كان شكل اسطوانة عند الصانع نهايتان

فاذا كانت الاسطوانة منتهية من احد طرفيها بمسطح **ا ب ث** المستوى
سمي هذا المسطح قاعدة واذا كانت منتهية من الطرفين بمسطحات مستوية
متوازية كان لها قاعدتان وقد تكون هذه الاسطوانة قائمة (شكل ١)
او مائلة (شكل ٢) على حسب ما تكون عليه اضلاعهما من كونهما
عمودية او مائلة على مستويي القاعدتين

وفي بعض الاحيان يكون احد المستويين اللذين يحددان الاسطوانة غير مواز
للاخر كما في (شكل ٨) حيث يرى فيه اسطوانة منتهية بمسطحي

ا ب ث د و م ن ح ح المستويين فنفرض بناء على ذلك ان
مستوي **م ن ح ح** هو الذي نشأ عنه نقصان الاسطوانة ذات
القاعدتين المتوازيتين اللتين هما **ا ب ث د و ا ر ث د** ويطلق
ناقص الاسطوانة او الاسطوانة الناقصة على كل من جري
ا ب ث د م ن ح ح و ا ر ث د م ن ح ح

واذا كانت قاعدة الاسطوانة دائرة سميت الاسطوانة مستديرة وتسمى عند
الصناعية باسم الاسطوانة فقط لانها هي المستعملة دون غيرها في اغلب
فروع الصناعة

ثم ان خط **و و** المستقيم (شكل ٤) الممتد من مركز الدوائر المستعملة
قواعد للاسطوانة المستديرة هو محور الاسطوانة وهو المار بمركز جميع الدوائر
الحادثة من قطع الاسطوانة بمستويات موازية لمستوي القاعدتين
وعلى حسب خواص المتوازيات (التي تقدم ذكرها في الدرس الثاني) يكون
سطح الاسطوانة على حالة واحدة دائماً مع الضبط اذا كان منشأؤه اما حركة

خط مستقيم اخذ على التوالي اوضاع **ا ا و ب ر و ب ث**
و د د الخ المتوازية على امتداد **ا ب ث د** (شكل ٣)

واما حركة المنحنى **أ ب ث د** (شكل ٤) الآخذ ايضا على التوالي
 اوضاع **أ ب ث د** و **أ ب ث د** و **أ ب ث د** الخ المتوازية
 على امتداد خط مستقيم بحيث تكون نقطة انحناء المنحنى التي هي **أ** مثلا
 شاعلة بالتدريج لاوضاع **أ** و **أ** و **أ** الخ من ضلع **ا ا**
 وقد استعمل ارباب الفنون الطريقتين في احداث الاسطوانة القائمة
 والمستديرة وقد يوثرون احدهما على الاخرى على حسب ما تقتضيه حاجتهم
 من توسيع هذا السطح اعني الاسطوانة من جهة دون اخرى وهما الطريقتين
 المذكورتين

الطريقة الاولى في صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع
 اذا اقتضى الحال توسيع الاسطوانة اتساعا كاملا بواسطة اضلاعها فانه يرسم
 في داخل الدائرة او خارجها مضلع ذو اضلاع كثيرة مثل **أ ب ث د ه**
 ثم يرسم مع غاية المضبط عدة اوجه صغيرة مستوية وهي متوازيات اضلاع
أ ب ا و **ب ث ث** الخ (شكل ٣) وتكون بقدر
 ما في القاعدة من الاضلاع ثم تصلح الاضلاع البارزة بواسطة القارة او القادوم
 او المنشار ونحو ذلك مما يصلح من الآلات لقطع السطوح المستوية متتبعين
 الاتجاه الطولي من مستقيمتين **ا ا** و **ب ب** و **ث ث** المتوازية
 ونجعل الاسطوانة مستديرة وبهذه الطريقة تتحقق من توفر الشروط في سطحها
 لكونه متكونا من اضلاع مستقيمة ومتوازية لكن لا تتحقق من كون محيط
 السطح الحادث من هذه الاضلاع دائرة لان الاتساع الناشئ عن القارة
 والقادوم وغيرهما انما يكون في الجهة المستقيمة من الاضلاع لاني جهة المحيط
 المستدير

(بيان اجراء العملية في صناعة صواري السفن) *

ينبغي ان يكون سطح هذه الصواري لا يربح الصواري العليا (اي الغاية

والبواضكو) ممتد من جهة الطول حتى يمكن ترزحلق اطواق الرواجع
(المسماة باطواق التعشق بلا مانع) من اسفل الى اعلا وعكسه حول هذه
الصواري فن ثم يعمل الصانع الصواري على حسب الطريقة التي ذكرناها
انفا

الطريقة الثانية في صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية المتوازية
اذا كان المطلوب من مبدء الامر ان نتحقق من الامتداد في الجهة العمودية
على طول الاضلاع فاننا نستعمل اولا المخرطة ونرسم بهامع التوالى عدة دوائر
مثل $ا ب ث$ و $ا ب ث$ و $ا ب ث$ الى آخره (شكل ٤)
حتى يتألف من مجموعها شكل اسطوانى فيتحقق اذن ان السطح المصنوع
كامل الاستدارة ومتمدة في الجهة المعتدلة ولكن لا يمكن باى وجه من الوجوه
ان نتحقق من الامتداد في الجهة الطولية .

* (بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار) *

قد شاهدنا في ترسانات انكلترة انهم يستعملون الطريقة الآتية في خرط
السطوح الاسطوانية وحاصلها ان تأخذ من مبدء الامر منشورا من الخشب
بقدر اربعة اشبار او ثمانية ثم تدفعه في داخل الفارة المستديرة فيجبر دسيه
وتحركه ليكون مستديرا مجددا الفارة وبهذه الطريقة يتألف سطح اسطوانى
محكم الاستدارة اذا كان المنشور كامل الاستقامة لكنه يكون غير لين رأسا
اولينا قليلا اذا كان قضيب الخشب ما تلامس به من الجهتين
واذا كان المطلوب عمل سطح اسطوانى مع الدقة لزم ان نتحقق من الامتداد
في كلتا الجهتين وهالك ما يمكن عمله وذلك بان نوجه آلة الخرط الحادة بواسطة
دليل مواز لمحور الاسطوانة بحيث يكون سن الآلة على بعد واحد من هذا
المحور فاذا ثبت ان سائر الدوائر متساوية لبعضها وان الاضلاع مستقيمة
الخطوط مع غاية الضبط .

* (اجراء العملية في التكعيفات والتشديكات وغيرها) *

قد تكون الطريقتان اللتان يمكن بهما تركيب الاسطوانة من حيث هي مستعملتين في رسم سطوح الضوء الاسطوانية كسطوح التسييمات والتكعيبات فمن يعمل برسم الاضلاع خيوطا او قضباناً من حديد او اعمدة من خشب او حبال بسيطة ممتدة على خط مستقيم وقد تكون الطارات المأخوذة من مادة واحدة دالة على المنحنيات المتساوية الموازية لقاعدتي الاسطوانة اذا كان قدر هذه الطارات وانحنائها واحداً ثم لنحم او نلصق بواسطة السلوك المعدنية او غيرها الاضلاع والمنحنيات في كل نقطة تتقاطع هي فيها وبذلك يكمل رسم السطوح الاسطوانية ولذا تجعل الابراج واعدة التكعيبات والاقصصة والفقف وغير ذلك على صورة شكل اسطوانى ويمكن رسم الاسطوانات المألوفة السهل بان نجتمع عدة اسطوانات صغيرة بجوار بعضها ونلصقها في الخارج بواسطة طارات او سيور مستديرة وذلك كالزناجيل المستعملة في الاشغال الخريية والحرب المضمومة الى بعضها التى يكون القصد منها الزينة او المنفعة او غير ذلك

ومن الفنون ما يكون الغرض الاصلى منه صناعة السطوح الاسطوانية بان نثني السطوح المستوية المتواصلة (راجع السطوح المنفردة في الدرس العاشر)

فلذا يصنع آلات الكيل الواحاً مصلحة وممهدة يكون سمكها ارفعاً من جميع جهاتها حتى يمكن انشاؤها على حسب الصورة وابعاد المعايير المتنوعة كالهكتواتر والديكاترو والتر وهلم جرا وكان اسم المديطلق على المعيار القديم الاسطوانى المستعمل في ككيل الحبوب ويسمى صانعه في اصطلاحهم صانع الماد

ويمكن للصانع ان يتحقق من الصورة الاسطوانية للامداد بان يجعله مقعرها مستويا صلياً كقعر الزميل وفي الغالب يكون الطرف الاعلى من هذه الامداد محاطاً بآلة من الحديد لها قطر اقل من قطر من الحديد ايضا وهذا هو منشاء عدم اختلال المعيار وعدم تغير صورته وهيئته

وفي الغالب يصنع النحاس والسكري بواسطة صفائح رفيعة جداً من النحاس
او الصفائح الالبيضاء او نحو ذلك سطوحاً اسطوانية اسهل صناعة من جميع
السطوح المنحنية المطلوب علمها وذلك بانابيب المداخن والميازيب وغيرها
واذا علم كل من هذين الصانعين قطر كل انبوبة وطولها يسهل عليه عادة
معرفة محيط هذه الانبوبة الذي يعرف به عند ضربه في الطول سطح صفائح
النحاس والصفائح وغيرها اللازمة للصانعين المذكورين

وينبغي لسان نضيف اولاً الى محيط الانبوبة عرضاً يساوي التحام عرق
كل صفحة يلزم التحامها لاجل تركيب الاسطوانة وثانياً نضيف الى كل
من اطوال الانابيب قدر يساوي طول تعشق طرفها

وينبغي ان تكون قدور الآلات البخارية معدودة من جهة الاشغال المهمة
التي يصنعها النحاس على صورة الشكل الاسطوانة الان قاعده هذه القدور
تكون غير مستديرة (راجع شكل ٥) ويلزم لاجل جمع صفائح النحاس
المتنوعة التي يتركب منها القدر الكبير استعمال المسامير الاسطوانية او المبرشمة
التي تدخل في الصفائح مع الضبط والاحكام بحيث لا ينفذ منها ولا من الصفائح
الداخله فيها جزء من البخار ويوصل الى ذلك بواسطة اربعة مخاريز او خمسة
تكون على بعد واحد من بعضها ومؤلفاً منها قالب واحد يمكن صعوده وهبوطه
على التعاقب بواسطة آلة ميكانيكية قوية جداً وقد تكون الصفائح التي يصنع فيها
الثقوب الداخلة فيها المسامير المبرشمة موضوعة على بروز وهذا البرواز
لا يتحرك عند انخفاض القالب لتكون جميع المخاريز ثاقبة للصفائح على البعد
المطلوب واما عند ارتفاعه بعد عمل الثقوب الاسطوانية فتمتد الصفائح على
طول بحيث تكون المخاريز عند انخفاضها ثانياً ثاقبة للثقوب الاربعة
والخمس الآتية على البعد الموافق للثقوب المتقدمة

وليس استعمال هذه الطريقة مقصوراً على مجرد تجهيز جمع الصفائح المعدنية
التي يتركب منها القدور الكبيرة البخارية بل تستعمل ايضا في جمع الصفائح
المستعملة في صناعة غطاء السفن الخارجى المتخذ من الحديد وصناديق الماء

النزالة في البحر المخترة عن قريب

ولننبه في شأن هذه الصناديق المتخذة من الحديد التي يكون شكلها مكعبات
او منشائر مستطيلة ناقصة على ان اضلاع هذه المكعبات والمنشائر تكون حادة
ومتخذة من صفائح مستديرة على شكل ربع اسطوانة قائمة مستديرة
ايضا

ويصنع كل من صانعي الرصاص والمزايير انابيب ذات شكل اسطوانى ولاجل
عمل هذه الانابيب يمكن ان تنقح كما ينشئها النحاس والسمكري او تسحب بواسطة
المسحبة

(بيان صناعة الاسطوانات)

(بالماء والسحب)

لنذكر لك هنا الطريقة المستعملة في ترسانة مدينة قطام لصناعة
٢ اسطوانات مجوفة من الرصاص يكون سمكها وقطرها معلومين

وليمكن ا ب ث د (شكل ٦) هي الاسطوانة المصبوبة التي يكون
قطرها هو القطر الداخلي للأسطوانة المجوفة المطلوب تحصيلها فنصب اولاً
حول الاسطوانة ا وحول قالب متحد القطر اسطوانة من الرصاص اغلظ

واقصر من الاسطوانة المطلوب عملها وتدخل اسطوانة ا ب ث د
المصبوبة في الاسطوانة المجوفة ثم تمر بالاثنتين في المسحبة التي تضيقها في جميع
المرات وتأثير هذه المسحبة ترق الاسطوانة المجوفة وتبسط اذا كان قطرها

الداخلي هو قطر اسطوانة ا ب ث د وتجعل لها بالتدريج سمكاً ملائماً
لها فيحصل من هذه الطريقة اسطوانات استقامتها محققة في كلتا

الحالتين اذا كانت اسطوانة ا ب ث د مصنوعة مع الضيق

وقد تكون السلوك المعدنية بحسب سمكها وغلظها وكذلك قضبان الحديد
المستديرة اسطوانات مصنوعة من تحويلها الى قطر مناسب بواسطة آلة المد
والبسطة وتدخل عن وسط ثقب مستديرة يطلق عليها اسم المساحب وتصفّر

هذه الثقوب المستديرة شيئاً فشيئاً لاجل جعل سمك القضيب او السلك بالتدريج في كل غمر

(بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب)

وهي صناعة الانابيب الحديد المصبوب المستعملة في الممالك الافريقية لاجل تسليك المياه والغاز والانابيب المستعملة لطلبات المياه والهواء والبخار وغير ذلك

(بيان صناعة الاسطوانات بالثقب)

يكفي في عمل الانابيب صناعة الصب وذلك للانابيب المستعملة في جريان المياه التي لا يحتاج فيها الى اشكال محكمة الضبط بخلاف الانابيب المحتاجة للضبط الهندسي كانابيب الطلبات وكذلك داخل المدفع والابوس والهون فانه ينبغي فيها غالباً اتباع الطرق الصعبة كعملية الثقب (راجع السطوح الدائرية في الدرس الثاني عشر)

(بيان صناعة الاسطوانات بالنشر)

يمكن عمل الاسطوانة بالمنشار وهو على وجهين الاول ان نجعل الجسم المطلوب نشره ثابتاً ونقرب منه المنشار بالتوازي لاجزاءه معلوم بشرط ان يكون تابعا لمنحن مرسوم قبل ذلك وهذا هو ما يفعله نشارو الطول الوجه الثاني ان نجعل المنشار صاعدا اوهابطا في اتجاهه الاصلي من غير ان يتقدم او يتأخر ونجعل الجسم المطلوب نشره حركة فائقة مناسبة وبهذا الوجه تصنع السطوح الاسطوانية في دواليب النشر

(بيان صناعة الاسطوانة عند المعمارجية)

اذا اراد البنائون عمل سطح اسطوانى كقوسرة الباب والقبعة او عين قنطرة او غير ذلك فانهم يصنعون اولاً من الخشب سطحاً اسطوانياً مجوّفاً تجويفاً تاماً متحدامع محيط القوسرة المطلوب صنعها ويركبون من مسافة الى اخرى

شكلاً كثيراً الاضلاع مثل ا ب ث د ه (شكل ٧) يكون داخل محيط القوسرة المذكورة ويجعلون لهذا المضلع عدّة من الاضلاع الكبيرة

ليحدث قطع دائرية سهلة الامتلاء بواسطة القوصرة بدون احتياج الى كثير من الاخشاب ثم يملأون هذه القطع بقطع من الخشب يضعون عليها اخشاباً قائمة متلاصقة تظهر من احد اطراف الشكل السابع فيتحصل من اعلا هذه الاخشاب السطح الاسطوانى الذى يضع عليه البناءون ايجار القبة المعروفة عندهم باسم ايجار العقد

(بيان مساحة سطح الاسطوانات)

يمكن ان نعتبر سطح الاسطوانات كركب من اضلاع كثيرة يمكننا معرفتها عند رسمها بجوار بعضها على قدر الامكان وان نعتبر الاسطوانة كمنشور منتهى بعدة اوجه صغيرة ضيقة جداً وحينئذ يكون محيط قاعدته امضلعاً يلتبس علينا بال المضلع المستعمل قاعدة للمنشور

فاذا كانت الاسطوانة قائمة فان سطحها (من غير اعتبار قاعدتيها) يكون مساوياً لمحيط احدى هاتين القاعدتين مضروباً فى ارتفاعها ويكون السطح الكلى للأسطوانة القائمة المستديرة وكذلك سطح القاعدتين مساوياً لمحيط احدى القاعدتين المذكورتين مضروباً فى امتداد الضلع زائداً طول نصف قطر احدى القاعدتين

ويمكن ان نقطع سطح الطول فى منشور $\overline{ا ب ث د}$ الخ $\overline{ا ر ش د}$ الخ (شكل ٨) على حسب ضلع $\overline{ا ا'}$ وندير بالتوالى كل وجه صغير مثل

$\overline{ا ر ش د}$ و $\overline{ا ر ش د}$ الخ لنضعه فى مستوى $\overline{ا ا' ب}$ فيحصل معنا شكل مستو متألف من متوازيات $\overline{ا ا'}$ و $\overline{ب ب'}$

و $\overline{ا ر ش د}$ الخ (شكل ٩) ومن اضلاع $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ب'}$

و $\overline{ا ر ش د}$ و $\overline{ا ر ش د}$ الخ و $\overline{ا ر ش د}$ و $\overline{ا ر ش د}$ الخ العمودية على هذه المتوازيات وهذا هو الذى يستدعى ان يكون

ا ب ث د ه الخ و ا ر ش ذ ه الخ خطين مستقيمين متوازيين وعموديين على اضلاع **ا ا** و **ب ب**. وهلم جرا ويطلق على المستطيل المتحصل بهذا الوجه (شكل ٩٠) اسمها انفراد محيط المنشور فيكون سطح المنشور منفردا لان هذا الانفراد يمكن استعماله بدون بسط لاجزاء سطوح

ا ا ب و ب ر ث ش الخ انضيقها لتبقى متجاورة ونصنع سطحاً مستويا مستمرا وسنذكر لك في شأن سطوح الانفراد دروسا تخصها ومن جملة هذه السطوح الاسطوانات التي يمكن اعتبارها كمناسير اضلاعها لا تنحصر

ولنصنع في الاسطوانة القائمة (شكل ٨) قطعين مائلين متوازيين مثل

م ن ح ح و **م د ح غ** ثم تقسب السطح الاسطوانى المنحصر بين القطعين المذكورين فيظهر حينئذ ان اجزاء اضلاع **م م** و **ن د** و **ح ح** و **ح غ** الخ اذا كانت خطوطا مستقيمة متوازية منحصرة بين مستويين متوازيين تكون متساوية فعلى ذلك اذا اعتبرنا الاسطوانة كمنشور له عدة اوجه صغيرة فان سطوح الاشكال المتوازية الاضلاع الدالة على كل وجه صغير تكون هكذا

$$\text{سطح م م د ن} = \text{ا ب} \times \text{م د}$$

$$\text{سطح ن د ح ح} = \text{ب ث} \times \text{ن د} = \text{م م}$$

$$\text{سطح ح غ ح ح} = \text{ث د} \times \text{ح غ} = \text{م م الخ}$$

حينئذ يكون سطح **م ن ح ح** و **م د ح غ** = **ا ب ث د**

\times **م م** اعنى انه يساوى محيط قاعدة **ا ب ث د** الخ مضروبا في طول احد اجزاء الاضلاع المحصورة بين المستويين المتوازيين

واذا اردت مساحة سطح الاسطوانة المسماة وهي **ا ب ث د** الخ

و م ن ح ح الخ (شكل ٨) فانه ينبغي مَد السطح الاسطوانى
بتعيين كل من اضلاع ا م و ب ب ث و ش ح الخ على حسب
طوله ونحدد على المَد (شكل ٩) سطح ا ب ث د الخ
و م ن ح ح الخ

فاذا فرضنا ان الاسطوانة منشورة اوجهه صغيرة متساوية وكان ا ب
= ب ث = ث د تحصل معنا سطح الاسطوانة الناقصة وهى
ا ب ث د الخ و م ن ح ح الخ = ا ب (ا م
+ ب ن + ش ح + د ح الخ) بمعنى ان عرض احدى
الاجوه الصغيرة مضروب فى مجموع اضلاع هذه الاجوه

(بيان مساحة حجم الاسطوانات)

اذا اعتبرت الاسطوانة كمنشور مركب من عدة اوجه صغيرة رأيت حجمها
يساوى سطح قاعدتها مضروبا فى ارتفاعها
وحيث ان قاعدة الاسطوانة القائمة المستديرة دائرة فمساحتها مساوية لحاصل
ضرب محيطها فى ربع قطرها
فاذن يكون حجم هذه الاسطوانة مساويا لمحيط القاعدة مضروبا فى نصف قطر
هذه القاعدة وفى ارتفاع الاسطوانة المذكورة

وحيث ان المنشاور المائلة او القائمة التى قاعدتها واحدة وارتفاعها ايضا
واحدة متساوية فى الحجم فالاسطوانات القائمة او المائلة التى قاعدتها واحدة
وارتفاعها كذلك متساوية الحجم ايضا ويمكن بغاية السهولة تحديد حجم
الاسطوانة الناقصة القائمة المستديرة وليكن ا ب ث (شكل ١٠) الدائرة
المستعملة قاعدة لهذه الاسطوانة و و و محورها فيكون حجم الاسطوانة
الناقصة التى هى ا ب ث هـ فى الخ مساويا لسطح القاعدة مضروبا فى محور

ووجهي انه يكون مساويا لجم الاسطوانة القائمة التي ارتفعها و
 وبرهان ذلك ان نقرض اسطوانة **ا ب ث ا م ث د** التي قاعدتها العليا
 موضوعة في مركزها وهو **و** ونقول ان **م ج ه ي ا م** هو **ث م ن ف**
 متساويان ونلاحظ لاجل ذلك من مبداء الامر ان **و ه ي** مركز دائرة **م ث د**
 فيقسم قطر **م و د** هذه الدائرة الى جزئين متساويين

فاذا ادبرنا نجم **م د ا ه** حول **م د** كادارة اللواب بقدر زاويتين قائمتين فان
 نصف دائرة **م د ا** ينطبق على نصف دائرة **م د ث** وتكون جميع اجزاء
 الاضلاع مثل **ا ه** الخ منطبقة على اضلاع **ث ف** الخ بالجملة فمستوى **م د ه**
 ينطبق على مستوى **م د ف** فاذن يكمن الجثمان منحصرين بين ثلاثة سطوح
 تطبق على بعضها وبناء على ذلك يكون حجمها واحدا غير ان الاسطوانة
 القائمة تزيد على الاسطوانة الناقصة وهي **ا ب ث ه** فبقدر **م د ا ث**
 وتنقص عنها بقدر **م د ث ف** فاذن يكون الاسطوانتان متساويتين
 في الحجم وقياس احدهما قياس الاخرى

وكذلك يوجد في دائرة **ا و ب** (شكل ١١) قطاعات بقدر
 ما في الاسطوانة من القطاعات التي قاعدتها هي قطاع الدائرة والتي تنتهي من
 جهة **ا ب ا** بنفس السطح الاسطوانى ومن الجهتين الاخرين بمستويين
ا ا و و ب ب و و المارين بمحور الاسطوانة الذي هو **و و**

وقد تكون قاعدة قطعة الاسطوانة قطعة دائرة **ا ب ث** (شكل ١٢)
 ويكون محيطها اولاجزاء **ا ث ب ب ث ا** الاسطوانى وثانيا مستوى
ا ب ا الموازى للمحور والذي صورته على صورة شكل متوازى
 الاضلاع

(اجراء عملية خواص الاسطوانة في تحديد الظلال)
 اذا وصلت اشعة الشمس اليها كانت متوازية تقريبا بحيث يتعذر على الآلات

الحكمة ان تبين ما يظهر من الاختلاف الموجود في اتجاه شعاعين شمسيين
نازلين على بعد واحد عظيم من بعضهم واذلك كنهايتي عمارة كبيرة متقابلتين
ولذا تبرز اشعة الضوء الخارجة من الشمس كأنها محكمة التوازي

فاذا كان باب اوشبالك اوقبوة على هيئة قوس دائرة **ا ب ث د ه**

(شكل ١٣) مضياً بالاشعة الشمسية التي هي **ا ا ب و ث د ه** فان هذه الاشعة خطوط مستقيمة موازية لبعضها

تمر بحيط الدائرة وترسم شكل اسطوانة او منشور قاعدته **ا ب ث د ه**
وهذه الاسطوانة تفصل الجزء الماضي بالشمس من داخل الباب والشبالك
او القبوة من الجزء الموضوع في الظل

وتكون الاسطوانة بسبب شكلها ووضعها من اعظم المهمات اذا اقتضى
الحال تحديد الاجزاء المضيئة والاجزاء الموضوعة في الظل في رسم العمارة
والتصوير وجميع فنون الرسم وسنبين في الدروس الآتية الطرق المستعملة
في حل المسائل الاصولية الخاصة بالظلال على وجه هندسي

(اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية)

اعظم استعمالات خواص الاسطوانة النافعة هو استعمال سطح هذه
الاسطوانة لكونه يبين رسم الخطوط المخنية او مساقطها على مستويات

فاذا فرضنا في الفراغ خطاً مخنياً مثل **ا ب ث د ه** الخ (شكل ١٤)

واردنا رسمه على مستوى المسقط وهو **م ن ح ح ح** فالتأخذ من كل نقطة
من هذا المخني خطاً عمودياً الى هذا المستوى ويتكون من تتابع نقط

ا و ب و ث و د و ه الخ التي تكون مواقع الخطوط العمودية
على المستوى المذكور خط مخني يدل على الرسم الهندسي او على مسقط مخني

ا ب ث د كما قيل

وفي العادة يرسم كل مخني على مستوي **م ن ح ح ح و ح ح ح ح ح**

العمودين على بعضهما بشرط ان تكون خطوط المسقط التي هي

١١ و ب ر و ث ش الخ العمودية على المستوى الاول موازية

للمستوى الثاني وخطوط ١١ و ب ر و ث ش العمودية على

المستوى الثاني موازية للمستوى الاول فاذاً يكون مسقطاً ا ر ث د ه

و ا ر ث د ه كافيين في التحديد التام لنحني ا ب ث د ه الخ الحادث

منهما كما ستري ذلك عند تقاطع السطوح

وقد عرفنا انه بواسطة المستوى يمكن تركيب الاسطوانات وصناعتها

وبالعكس بمعنى انه يمكن بواسطة الاسطوانات تركيب المستويات وصناعتها

(بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة)

اعلم انه بواسطة الاسطوانة التي نديرها في طريق حدث فيها الرمال عن قريب

او على خضرة او ارض محروثة حرثاً جيداً نهد الاجواء البارزة حتى

تساوي الاجزاء المنغمسة اى الداخلة ونهد الارض حتى يحدث عنها

سطح مستو

(بيان استعمال الاسطوانة في ترقيق الفطير)

يستعمل الخبز اسطوانة من الخشب تسمى بالنشابة وذلك بان يدحرجها

ويضغطها ويدفعها بيديه كي يرقق بها العجين حتى يصير ممتنهما من اعلاه

واسفله بسطوح مستوية

(بيان الاسطوانات المركبة اعني آلات الخلق)

يستعمل في احداث سطوح مستوية اسطوانتان مركبتان يكون محوراهما

متوازيين وهذا اتم نفعاً من استعمال اسطوانة واحدة وليكن

ا ب و ١٠ ا (شكل ١٥) هما محور الاسطوانتين المركبتين بشرط

ان يمكن قربهما او بعدهما عن بعض على حسب المطلوب فاذا كان المحوران

موازيين لبعضهما مع الاتقان وكانت الاسطوانتان مصنوعتين مع الضبط

المطلوب فانهما يكونان دائماً على بعد واحد من بعضهما فاذا مررنا بعد تمام

ذلك بين الاسطواناتين بلوح معدني او شئ آخر من المعادن قابل لتحميد
فان هذا اللوح يؤول الى السلك المعين بالبعد الاقصر الموجود بين الاسطواتين
المذكورتين

فاذا قربنا الاسطواتين من بعضهما يسيرا بعد مرور اللوح بينهما اول مرة
لنخرجه ثانيا بينهما فانتبهتاهمدهم ميدا مساويا ومناسبا لهذا القرب واذا اتينا
على هذه الطريقة وتبعناها فانتبهتاهم نرقق اللوح شيئا فشيئا ترقيقا مناسباً
للسلك المطلوب وهذه هي فائدة آلات الخلع.

(بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق)

قد احدثت الصناعة في هذا المعنى جملة عمليات من خواص الاسطوانات
وهي ان كل اسطوانتين مغطاتين بما يسمى بالورق ويجمع لهما
فرخا مستطيل على قدر المطلوب ولهذا كان يسمى بالورق الجائر
(بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع)

نضع حروف الطبع اللازمة لطبع اى فرخ كان على اسطوانات ذات قطر كبير
وتكون هذه الاسطوانات متحدة مع اسطوانات اخرى مغطاة بالجلد
ومدهونة بالخبر الذي تلقى منه كمية معلومة على حروف الطبع ثم تمر بفرخ من
الورق المصقول بين هاتين الاسطواتين اللتين عليهما الحروف فينطبع فيه
صورة تلك الحروف وهذه الطريقة التي يحصل بها الطبع مع غاية السرعة عامة
النفع لاسيما في نشر الجرائد التي يلزم جمعها ونشر اوراقها في مدة قليلة من
الزمن ولو بلغ ما بلغ مقدار النسخ المطلوبة من هذه الجرائد
وتستعمل هذه الاسطوانات ايضا في رسم جملة من الاشكال على الاقشة
وكيفية ذلك ان تنقش على اسطوانات متخذة من النحاس الالوان المطلوب
طبعتها

(بيان طبع الليتغرافية على الحجر)

لا تستعمل في الملازم الليتغرافية الاسطوانة واحدة وذلك بان يكون الفرخ
المطلوب طبعة موضوعة على الحجر بعد تمام الرسم وتنقشه بالخبر ثم تمر عليه

اسطوانة اخرى فتؤثر فيه تأثيرا متساويا في كل جزء من اجزائه فينشأ عن ذلك
تسوية الطبع وظرافته

(بيان الطبع بالنقش)

اذا اريد النقش بالواح من النحاس فانتظم بكل من اللوح المستوي وفرخ
الورق الذي تنطبع فيه النقوش بين اسطوانتين يضغطان احدهما فوق
الاخر

(بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة)

(في صناعة الحديد وجعله قضيباناً)

بعد أن نسخن كتلة من الحديد الغشيم نهخينا جيدا على حسب الطريقة
القديمة المستعملة الى الآن في سائر بلاد أوروبا لصناعة الحديد نضعها على
سندال ثم ندق عليها بمطرقة ثقيلة تنقي خبث الحديد الذي في هذه الكتلة
فيحدث بواسطة هذه المطرقة مناسير اوقضبان من الحديد تكون صورتها
تامة او ناقصة على حسب تأثير المطرقة فيها وقد استعمل الانكليز منذ
سنوات الاسطوانات المزدوجة لتكون مع الانتظام التام عوضا عن شغل
المطرقة الخشبي وذلك بان نفرض زوجين من الاسطوانات المضلعة بحيث يتولد
عنهما انفرجات تكون اشكالها على هيئة الاشكال المعينة الصغيرة
بالتدرج كما في (شكل ١٦) او على صورة الاشكال المستطيلة القليلة
العرض مع التدرج ايضا كما في (شكل ١٧) وبعد ان نضلع الكتلة المذكورة
بالمطرقة على قدر الامكان نمررها بين الاسطوانتين وعلى انفرجات
١ و ٢ و ٣ التي تنقص غلظ تلك الكتلة وتجعلها قضيباناً مربعاً او مستطعاً
ولهذه الطريقة منفعة عظيمة في كونها تبسط مع الانتظام التام الحديد وتمده
وقد شرعوا في استعمال هذه الطريقة في بلاد فرنسا لكن لسوء الحظ
لم تستعمل الا في قليل من الورش الصغيرة جدا

(بيان استعمال الاسطوانات في ندف القطن)

قد استعملت الاسطوانات مع النجاح في ندف القطن والصوف وكذلك في تحليل

التيل والكتان

وقد تكون الاسطوانتان الموضوعتان بالتوازي (شكل ١٧) مشحونتين باضراس مسننة مغروسة مع الانتظام على سطحيهما بحيث تدخل اسنان احدهما بالسهولة بين اسنان الاخرى وعند ما يدخل القطن او الصوف او الكتان او التيل بين الاسطوانتين المذكورتين اللتين يتحركان بحركة مضادة او متحدة الانهما يختلفان في السرعة تمتد خيوط هذه الاشياء بالتوازي ويتألف منها عند بروزها من الاسطوانتين طارة مستوية تسمى آلة الغزل

(بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن) *

(والتيل ونحو ذلك)

كيفية ذلك ان نؤلف اسطوانة قائمة مستديرة مثل **أ ب** مع اسطوانة مخططة مثل **ث د** (شكل ١٥) فتكون الخيوط مشدودة بين اسطوانتين اوليين وتكون ايضا مشدودة مع السرعة بين اسطوانتين اخريين موازيين للاوليين فينشأ عن ذلك امتداد جزء الخيط الموضوع بين زوجين من الاسطوانات بالنسبة لاختلاف سرعة زوجين آخرين منها فاذا امتدت الخيوط بهذه الكيفية صارت رفيعة جدا وهذا واحد الفوائد العظيمة الموجودة في آلات الغزل المستعملة الآن

وحيث كانت صناعة الاسطوانات المخططة من جملة العمليات النفيسة في الصناعة فهي مستلزمة للاضبط والاحكام ثم ان خطأ التوازي الموجود في التخطيط واحتلال اقطار الاسطوانات وان كانا قليلين جدا الانهما يحدان في الخيوط الرفيعة اختلافا ينشأ عنه انعدام ثمرة متانة الخيوط والتساوي الملايم لرقتها

(بيان تخطيط الاسطوانات) *

يستعمل لاجل ذلك آلة صالحة لتقسيم الدائرة الى اجزاء متساوية على حسب الطرق التي تكلمنا عليها في الدرس الثالث

وبعد ان يبين الانسان عدد التخطيط ويقف على دائرة التقسيم الناشئ عنها هذا العدد يتبدى بعمل تخطيط اولي بواسطة آلة قاطعة تتوجه على امتداد دليل مواز مع الصحة والضبط لمحور الاسطوانة ثم ترجع القهقري وبعد عمل التخطيط الاول تقدم دليل تقاسيم الدائرة من نقطة معلومة فتظهر الاسطوانة في وضع مناسب لعمل التخطيط الثاني الذي يعمل ايضا بواسطة هذه الآلة القاطعة وهم جرا

وفي الغالب تتركب الاسطوانات بطريقة اخرى وذلك بان ندخل اسطوانة مجسمة في اسطوانة مجوفة كما في حركة المكباس في الطلمبات (شكل ٢٠) وحركة السدادة في الزجاجة وحركة جزى الابارة (شكل ٢١) او علبة النشوق المستديرة (شكل ٢٢) وغير ذلك

ويستعمل في ذلك ايضا الاسطوانات المجوفة المتعشقة ببعضها مع الضبط كما في النظارات التي تنظر بها الالعب ونظارات البحارة التي تضبط على حسب المطلوب كما في **أ ب** (شكل ٢٣) وتنقبض كما في **أ** - فاذن يتضح لنا ان سهولة حركة تعشق آلات هذا النوع وضبطها تتعلق باستكمال صناعة كل اسطوانة مجوفة داخلية كانت او خارجية

ثم ان الانكليز يجمعون بواسطة تعشق الاسطوانات الخطوط الطويلة من الانابيب المستعملة لتسليك مياه مدنهم وقديمتد الحديد امتدادا محسوسا بالكلمة عند شدة الحرارة وينقبض انقباضا مضاهيا لامتداده عند ضعف هذه الحرارة فاذا كانت الانابيب موضوعة بالتحريك على طول عظيم بدون ان تتحرك اطرافها بلا مانع فانها تنكسر فتعين لأجل اجتناب هذا الضرر احد طرفي كل انبوبة باسطوانة مثل اسطوانة **أ ب** **د** التي هي اعرض من جسم انبوبة **ث ف** (شكل ٢٤) وندخل في هذا الجزء العريض طرف الانبوبة الصغير الذي هو **م** وهذا الادخال كناية عن كون الانبوتين يمكن ادخال احدهما في الاخرى وان كان هناك الختام يجمع

بينهما وبصيران مائلين بهذه الكيفية سواء كان ذلك بواسطة الانبساط
او الانقباض المتولدين من تغير الحرارة

(الدرس التاسع)

(في بيان السطوح المخروطة)

السطح المخروط منثل ض ا ب ث د ه (شكل ١) يرسم
بواسطة خط مستقيم مارداً بمناطة ض ومتكئاً على ا ب ث د ه
فتكون مستقيمتان ض ا و ض ب و ض ث الخ هي اضلاع
المخروط وتكون نقطة ض رأسه

ففي الصورة التي يكون فيها رأس ض ومنحنى ا ب ث د ه على
مستوا واحد يكون سطح المخروط هو سطح المستوى المذكور ولذا اذا دار فرس
في الميدان فان النبر الذي هو خط مستقيم ممتد من عمود الميدان الى النقطة

التي يربط فيها الفرس المذكور يرسم مخروط ض ا ب ث د ه الخ

(شكل ٣) وهذا اذا كان الرأس خارج منحنى ا ب ث د ه الخ
المقطوع بنقطة ربط الفرس فاذا كان النبر ايقياً كان هذا المخروط مستويا

لان رأس ض موضوع في مستوى دائرة ا ب ث د ه التي يقطعها

الفرس فاذا تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ

انصاف اقطار لهذه الدائرة

ثم ان المهندس يعتبر المخروط (شكل ١) كسطح منحن ممتد من كلا

طرفيه الى مالا نهاية وكذلك الخطوط المستقيمة التي هي اضلاعه والمخروطان

اخذان، من جزء كل ضلع الموضوعان امام الرأس وخلقه يعتبران ايضا

كسطح واحد منحن ويقال لهذا الرأس مركز المخروط لكون المخروطين

المذكورين يكتملانه من الجهتين السابقتين

وقد اسنبنان لنسب من الصناعة بعض أمثلة من هذه المخاريط الكاملة اى

المزدوجة فن ذلك المنكباب (شكل ٢) المستعمل في السفن لمعرفة الزمن فانه متركب من مخروطين منتظمين على الوجه المبين في الشكل المذكور وبعد مضي مدة مجعولة واحدة للزمن ينزل الرمل بتمامه من المخروط الاعلا الى المخروط الاسفل ثم يعتد من وحدات الزمن بقدر مرات ادارة المنكباب

وفي الفنون يكون للمخاريط امتداد محدد دائما ولا يعتبر منها على الاطلاق
الاجزاء واحد كطية ض ا ب ث د (شكل ١)

فاذا كان المخروط منتها بمسطح مستو مثل ا ب ث د ه (شكل ١) فانه يطلق على هذا المسطح اسم قاعدة المخروط ونفرض في هذا الدرس ن كل مخروط يكون منتها بقاعدة مستوية

فالمخروط القائم المستدير او المخروط المنتظم الذي هو اسهل الخاريط هو

الذي تكون قاعدته وهي ا ب ث د ه ف (شكل ٣) دائرة ويكون رأسه وهو ص موضوعا على محور الدائرة المرموز اليه بخط

ض و المستقيم وهذا الخط ايضا هو محور المخروط

وتكون قاعدة المخروط المستدير المائل (شكل ٥٠) دائرة الا ان اضلاعه

لا تكون مساوية لبعضها ولا يكون خط ض و المستقيم الممتد من الرأس الى مركز القاعدة عمودا على مستوى هذه القاعدة

وحيث كانت اضلاع ض ا و ض ب و ض ت مائلة

ومتساوية البعد من خط ض و العمودي على مستوى الدائرة في المخروط المنتظم (شكل ٥١) فانها تكون متساوية فاذن تكون جميع اضلاع هذا المخروط متساوية ايضا ويألف منها مع المحور زاوية واحدة

ولنفرض ان هناك مخروطا حادثا من عمليات القنون نرسم عليه عدة اضلاع دقيقة بحيث لا يظهر منها سوى منظر سطح كامل الامتداد مشحون بخطوط صغيرة الابعاد بحيث يعسر علينا مشاهدتها وهذا السطح المركب من عدة مثلثات مستوية صغيرة موجودة بين عدة اضلاع مختلفة ليس مغايرا للمخروط الهندسي فاذا اخذنا واحدا من هذين السطحين عوضا عن الآخر وكان فيه خطأ فان ذلك الخطأ يكون قليلا جدا بحيث لا يمكن رؤيته ويصير كلا شئ بالنظر الى الصناعة

وبناء على ذلك يعتبر المخروط دائما كالهرم ذي الالوجه الكثيرة المثلثية التي يكون عرضها صغيرا جدا وارتفاعها مختلفا بطول الاضلاع فاذن تكون مساحات السطح والجسم المختصة بالاهرام (درس ٧) مستعملة في المخروط بلا مانع

فاذا كان المخروط القائم المستدير هراما منتظما فانه يحصل اولا ان مجموع سطح الالوجه اى السطح المنحنى من المخروط القائم المستدير يساوى حاصل ضرب محيط قاعدته في نصف ضلعه وثانيا ان مجموع السطح المنحنى المستدير ووسط سطح قاعدة المخروط القائم يكون مساويا لمحيط القاعدة مضروبا في نصف ضلعه زائدا ربع قطر القاعدة ويكون حجم اى مخروط كان مساويا لحاصل ضرب ثلث ارتفاعه في سطح قاعدته

فاذا قطعنا المخروط بمستوا مواز لقاعدته فولد من ذلك مخروط ناقص تكون مساحته سطحه وحجمه ايضا كساحه الهرم الناقص وحجمه ووسط المخروط الناقص المنتظم يساوى نصف مجموع محيط قاعدتيه مضروبا في طول الضلع المنحصر بين هاتين القاعدتين

وبرهان ذلك اننا اذا قطعنا هراما مستويا مواز للقاعدة (شكل ٧) فان الهرم الصغير المنفصل بهذا القطع يكون مشابها للهرم الاكبر فاذا كانت هذه الخاصية صحيحة ولو بلغت اوجه الهرم الاكبر في العدد ما بلغت كانت صحيحة ايضا في المخروط وكذلك في سائر ما يتولد عنه من النتائج فاذن ينتج لنا اولا

اتنا اذا قطعنا مخروطا بمستو مواز للقاعدة فالتنا فصل مخروطا صغيرا مشابها
للكبير وثانيا انه اذا كان هناك مخروطان متشابهان فان سطح الجزء
المخفي منهما يكون مناسب المربع الخطوط المتقابلة في هذين المخروطين وذلك
كربع الاضلاع مثلا وثالثا ان سطح القاعدتين يكون مناسب المربع
الخطوط المتقابلة ايضا ورابعا ان حجوم المخاريط المتشابهة تكون مناسبة
لمكعبات الخطوط المتقابلة (شكل ٧)

ولنصنع مخروطاتاقصا مثل AB الخ و CD الخ (شكل ٧)
بان تفصل مخروطا صغيرا من مخروط كبير بمستوة قطع فيتحصل معنا ضرورة
حجم المخروط الناقص بواسطة تقدير حجم المخروط الصغير وفرضه ثم نظرحه من
حجم المخروط الكبير وحيث كان كل من هذين الجسمين مساويا لحاصل ضرب
القاعدة في ثلث الارتفاع فلا يكون في اجراء العملية صعوبة
واذا لم يكن المخروط قائما ولا مستديرا او كان غير قائم فقط تعذر اخذ مساحة
سطحه بواسطة القواعد التي ذكرناها آنفا

وينبغي لاجل اخذ مساحة سطح المخروط ان نحوله الى عدة مثلثات يمكن
في الضبط المطلوب ثم نجعل هذه المثلثات بجوار بعضها على مستو واحد فلذلك

جعلنا مثلثات AB و CD الخ و EF الخ

(شكل ٣ و ٥) في AB و CD الخ

و EF الخ من (شكل ٤ و ٦) فمن الجلي اذن ان السطح

المخفي من المخروط يساوي سطح AB الخ المستوي وتكون
مساحة هذا السطح الاخير على حسب القواعد التي ذكرناها في الدرس
السادس

وبعد ان ينالنا الاقيسة اللازمة لسطح المخروط وحجمه نبحت عما يستعمل
من هذه المخاريط في القنون فنقول

قد يستر المعمار والتجار العمارات المستديرة بخاريط قائمة مستديرة
(شكل ٨) يكون محورها هو محور العمارة المذكورة ويصنع الطوبجية
مدافعهم على صورة عدة مخاريط ناقصة تكون قاعدتها الكبرى جهة البورمة
وهي اسفل المدفع وكذلك صانع البرانيط يجعل قوالب البرانيط المعدة لرجال
الافرنج ونسائهم على شكل مخروط تام او ناقص ويجعل اطرافها مستوية
او منخنية ولذا كانت البرانيط التي تجرت عادة الفرنج باتخاذها للزينة
والرافاهية تتنوع بتنوع ابعاد هذا المخروط التام او الناقص وتتنوع الطرف
ايضا راجع (شكل ١٠ و ١١ و ١٢)

ويحدد صانع المزامير الجزء الاسفل من انابيب الاسطوانية بمخروط ناقص مثل
أ ب ض ط (شكل ١٣) وتكون الانابيب التي نغماتها كنغمات

النفيير ومجموعها يقال له حركة النفيير وهو أ ب ض ط (شكل ١٤)
مصنوعة بوجه تام على شكل مخروط ناقص

ويجسم المعمار لاجل المتانة اعمدة بنيتها من مبدء القاعدة الى ثلث ارتفاعها
بان يتقصر منها د ا ث ماطول القطر من مبدء القاعدة المذكورة الى الجزء الذي
يكون عليه رأس العمود فاذا اريد صناعة اعمدة مرتفعة جدا بحيث لا يمكن
اتخاذها من حجر واحد فانما تصورها وتقسيمها الى عدة اجزاء بواسطة جملة
مستويات متوازية ثم تعتبر تلك الاجزاء المختلفة التي قسمنا اليها تلك الاعمدة
مخاريط ناقصة (شكل ١٥) ونقطع حينئذ كلامنا من هذه الاجزاء المسماة
بالخرجات ونجعلها مخاريط ناقصة بسيطة

وقد يجعل مهندس السفن صواوي سفنه على شكل الاعمدة بان يتقصر منها
على التدريج طول اقطارها من مبدء القاعدة الى الرأس
وفي صناعة المخروط كثير من الطرق المشابهة للطرق المستعملة في صناعة
الاسطوانة

فيمكن من مبدء الامر تأليف كثير الاضلاع المنتظم الذي هو أ ب ث د ه

(شكل ٥ و ٣) من عدة اضلاع ويمكن عمل كل وجه من الواجه المستوية

التي هي ض ا ب و ض ب ث و ض ث د الخ على

حسب الطرق التي سبق ايضا جهها في الدوس الخاص بالمستويات

فاذا لم يكن هناك الا مخروط قائم مستدير ناقص مثل ا ب ث د الخ

و ا ر ث عوضا عن مخروط تام فإنه ينبغي ان نبتدى بصناعة وجهي

ا ب ث د الخ و ا ر ث المستويين (شكل ١٦) المتوازيين

توازيا تاما ونرسم في هذين المستويين تقطعي و و و بان يكونا على

مستقيم عمودي على المستويين المذكورين ثم تمد من هاتين النقطتين

مستقيمي و ا و وا المتوازيين اللذين طولهما كطول انصاف اقطار

دائرتي ا ب ث د ه و ا ر ث د ه المطلوب رسمهما

وبعد تمام ذلك تقسم المحيطين الى اجزاء متساوية ونمد من نقطه التقسيم التي هي

ا و ب و ث و د الخ و ا و ر و ث و د الخ اعمدة

على نصف القطر لاجل تأليف مضلعين مستقيمين محاطين بدائرتين ونصنع

الواجه المستوية على اشكال شبيه المنحرف بحيث تكون قاعدتاها السفلى

والعليا اضلاع المضلعين المذكورين وهي ا و ٢ و ١ و ٢

و ٣ و ٢ و ٣ و ٤ و ٤ و ٣ الخ وعلى هذا المنوال

نصنع هرما ناقصا محاطا بالمخروط فاذا نقصنا اضلاع ا و ١ و ٢

و ٢ و ٣ و ٣ و ٤ و ٤ و ٣ الخ بواسطة الفارة او غيرها من الآلات

الصالحة لتمهيد تلك الاضلاع واصلا جهها حتى مست الواجه الجديدة

المستوية المطلوب عملها الدائرتين المحظول معنا ايضا هرم ناقص له وجهان

او عدة اوجها اكثر من الاول ويكون اقرب شها بالمخروط فاذا اتحدنا على

تمهيد الاضلاع واصلا جهها كان شكلها دائريا يقرب من الشكل الحقيقي

للمخروط حتى نصل في ضبط ذلك الى الدرجة الموافقة لعمليات الصناعة

ثم ان الطريقة التي ذكرناها آنفا ليست الا طريقة تقريبية فينبغي سلوك
طرق اخرى في صناعة المخروط مستمرة لا تنحزم اصلا

وحاصلها انه يمكن صناعة سطوح مخروطية بواسطة المخرطة وذلك بان توجه
الالة القاطعة وهي ح (شكل ١٧) الى دليل م ن القائم الثابت الموازي

لضلع أض فترسم تلك المخرطة في كل وضع من الالة المذكورة دائرة محورها
الخط المستقيم الذي يمر بطرفي المخرطة المذكورة ويتكون من مجموع الدوائر
المرسومة بهذه الكيفية سطح مخروط مثل ض أ ب ث (شكل ١٧)

وبذلك يحدث معناد وامة ض أ ث (شكل ١٨)

ويمكن صناعة المخروط القائم المستدير بإدارة الخط الراسم اى المحدث حول

محور ض و (شكل ٣) ويحدث عن هذا الخط دائما زاوية واحدة
مع المحور المذكور (راجع الدرس الحادى عشر)

وبهذا البيان يمكن احداث اى مخروط بواسطة خط مستقيم متحرك يمر دائما
بالنقطة المجعولة رأسا

(بيان استعمال آلة التصوير)

تستعمل هذه الالة لنقل صورة أ ب ث د الخ مع الضبط والاحكام

بان يدور قضيب قائم حول نقطة ض الثابتة ويسكأ باحد طرفيه على الرسم

الجانبى وهو أ ب ث د المذكور ويسند الطرف الاخر الذى فيه قلم

الرصاص المسنن على ورقة مستطيلة يكون مستويها موازيا لمستوى الصورة

فاذن يكون المنحني وهو أ ر ث و الخ المرسوم بالقلم المذكور مشابها

لرسم الجانبى وهو أ ب ث د الخ

وبرهان ذلك ان تمث و ض و (شكل ١٩) عمودا على المستويين

الموازيين من الرسم الجانبى وصورة فيكون و و هما النقطتان

الخارجية من كل نقطة من نقط الضوء فان هذه الاشعة تدخل في العين بواسطة الحدقة وتتقاطع في نقطة **ض** (شكل ٢٤) حتى تصل الى سطح **ح** المسمى اوالياف العين المشبكة بالشيكية وهذه الالياف هي الصورة التي تنطبق فيها المحيطات الطبيعية وتبقى فيها الوان الاشياء على ما هي عليه وقد ينتقل هذا التأثير الحاصل في الياف العين المذكورة الى الوتر البصري فيجوله الى الدماغ الذي هو محل العقل

فعند ذلك يتم عند الانسان وعند اغلب الحيوانات وضع النظر العجيب بواسطة السطوح المخروطية المرسومة في الفراغ وفي داخل العين بواسطة اشعة الضوء التي تحدثها الاجسام المضيئة في سائر الجهات بنفسها وبواسطة الضوء المنعكس في جميع الجهات

ثم ان جميع الكواكب المضيئة التي تظهر في السماء مدة ليلة معينة وكذلك سائر الاجسام التي يتولد منها صورة متسعة في يوم صحو تظهر في رأى العين بجميع نسبها واشكالها والوانها وتنوعاتها بواسطة الخاريط التي ذكرنا وضعها

* (بيان الاوضة المظلمة) *

ثم ان ارباب الفنون والصنائع قد ينسجوز في صناعتهم على منوال ما ابتدعه القدرة الالهية فمن ذلك انهم اذا ارادوا رسم اوضة مثلا جعلوها على صورة حدقة العين كيلا يدخل فيها الضوء الا بواسطة زجاجة محدبة من الوجهين على شكل عدسى يشبه حدقة العين التي هي **ض** (شكل ٢٢) فيحول الضوء الاجسام والوانها واشكالها وحركاتها الى جوانب هذه الاوضة كما يحولها الى الياف العين المشبكة وهي **ا ر ش** فاذا تلقينا هذا الضوء على ورقة امكن رسم محيطات هذه الاجسام التي يرسمها ذلك الضوء وتحصيل الوانها وظلالها واضوائها

واذا لم يكن ان الاشعة الخارجة من نقطة **بض** المنفردة (شكل ٢٠)

التي تقابل سطح ا ر د ه ف المظلم تتجاوز هذا السطح فان الاشعة التي ترسم محيط السطح المذكور تمتد وتفصل في امتدادها جزء الفراغ المضيء بواسطة الجسم المضيء من جزء آخر محجوب عن الضوء بواسطة الجسم المظلم ويقال لهذا الجزء المحجوب عن الضوء ظل الجسم المظلم مثلا اذ لم كان سطح او جسم مظلم موضوعا امام كوكب مضيء فان ظل السطح او الجسم المذكور يكون محدد بـ سطح مخروطي رأسه ذلك الكوكب المضيء

(بيان الصورة الخيالية)

اذا اردنا ان نرسم على اى مستو كان صورا مشعاهة لرسم جانبية مفروضة استعملنا في ذلك خاصية الاشعة المضيئة وذلك بان نضع (شكل ٢٠) الرسم الجانبي الذي نريد النسخ على منواله وهو ا ر د ه الخ في مستو مواز للمستوى الذي يراد رسم الصورة عليه فاذا كان هنالك نور كنور الشمعة مثلا موضوع على بعد مناسب صار ذلك النور رأس المخروط الذي تكون قاعدته الرسم الجانبي المطلوب اخذ فتمتد المخروط الى مستوى الصورة بحيث يرسم هذا المخروط على المستوى المذكور قاعدة جديدة

كقاعدة ا ب ث د الخ مشابهة للاولى ومحددة بالمحيط المجموعول حذا للظل الذي تنقله الصورة وهذه القاعدة هي صورة الرسم الجانبي الخيالية وما قدمناه في شكل ١٩ من الحروف الدالة على آلة التصوير اثبتناه ايضا لشكل ٢٠ الدال على الظل المنقول لان البرهنة التي ذكرناها في شكل ١٩ تجرى ايضا في شكل ٢٠ مع غاية الضبط والنتيجة في كل واحدة .

(بيان الخيال الظلي)

قد استحسن في تسليمة الغلمان وتعليمهم استعمال خاصية السطوح المخروطية لانها تحدث على مستو مفروض رسما جانبيا صحيحا من شكل واحد او عدة اشكال حتى ان الضوء المنفرد تستضيء به صور متخذة من المقوى او صور اشخاص حقيقية ويتعكس به ظن الألعاب التي يصنعها هؤلاء الاشخاص

على ستارة تجب ما وراءها ويدخل الضوء بواسطتها في الاجزاء المضيئة لتكون
مميزة في اعين الناظر عن الاجزاء الموضوعة في الظل تميزا تاما وهذه الاجزاء
الاخيرة هي قواعد السطوح المخروطية التي رأسها السراج او غيره من
الاجسام المنيرة خلف الستارة واضلاعها تتر بالرسم الجانبي من الاشخاص
المطلوب معرفة وضعهم وصورتهم

فاذا كان جسم أ ب (شكل ٢١) الذي ظله وهو م ن منعكس
على ستارة ر ر يبعد عن النقطة المضيئة وهي ض ويقرب من ا -
فان الظل المنعكس بواسطة أ ب ليس الا ظل م ن وهو ناقص
دائما وبهذه الطريقة اذا مكث الجسم المضيء على حالته الاولى فانه يكفي
في تنقيص امتداد الظل ان نقرب الجسم المرسوم من الستارة بخلاف
ما اذا بعد عنها فان الظل المذكور يمتد على التدرج وكذلك
في صورة العكس بمعنى انه اذا جعلنا الجسم المرسوم قارنا ثابتا والجسم المضيء
هو الذي يبعد او يقرب من الستارة فان الظل المنعكس ايضا يزيد
ويقتص

واذا بقي كل من التغير الموجود في مقدار الظلال وتغير الالاعاب المتولد عن
حركة تلك الظلال على حالة واحدة فانه يقرب عليهما فائدة الالاعاب المذكورة
وقد تقتضي خواص السطوح المخروطية ان تجعل ما يلايم هذا اللعب النظري
من الاشياء والنسب رسوما هندسية محكمة الضبط ولنتكلم الآن على
عمليات اهم من عمليات الخيال الظلي فنقول

(بيان قاعدة علم المنظر)

اذا وجه من نقطة ض الثابتة (شكل ٢٢) سائر الاشعة النظرية
الممكنة على خط أ ب ض د المنحني تكون من هذه الاشعة مخروط
ض أ ب د واذا صنعنا قطاع ا ب د في هذا المخروط

بواسطة م ن فان هذا الشكل الذي هو ا ب ث د تكون
صورته على مستوى م ن كصورة ا ب ث د اى كمنظره وتنطبق
صورته في النظر بمعنى انه يحدث على الياف العين المشبكية صورة
ا ب ث د لان خطوط ض ا و ض ا و ض ب
و ض ث و ض ث وهلم جرا المستقيمة تختلط بيهضاهما فنرى
فاذن يكون الغرض من علم المنظر تحصيل صورة الاشياء كما يحدثها على الياف
العين المشبكية عند درويتها من نقطة ض فاذا كانت هذه الاشياء ناشئة
عن جسم او عن منظره عسر علينا في الغالب تمييزها وربما اخطأنا عند رؤية
ما شابهها وذلك يكون عند الاعتناء بهذا الفن وهذا هو منشأ انشراح الصدر
وانبساط النفس الذي يحدث للناظر عند مشاهدة المناظر المحركة
الصناعة

واذا لم تكن عين الناظر في نقطة ض فان مخروط ض ا ر ث د تتغير
صورته ولا يحدث على الياف العين المشبكية صورة بمشابهة للصورة التي
تحدث عن نفس الجسم وهذا هو التأثير الغير المقبول الذي يحصل للانسان
كثيرا او قليلا متى جعل منظره في وضع يخالف للنقطة النظرية وانما سميت
النقطة المذكورة بهذا الاسم لانه بواسطة ايشاهد المنظر ليحظى الانسان
بثمرة تأثيره ويتمتع بها كل التمتع

وقد ينشأ عن منظر الخطوط المنحنية اشكال مخروطية وعن منظر
الاشكال المضلعة اهرام بواسطة اجتماع الاشعة النظرية من الخطوط
المستقيمة الممتدة من العين الى محيطات هذه الخطوط المنحنية
او المضلعات

فاذا اعتبرنا مضلعا منتظما يكون مولذا لمستوى الصورة واعتبرنا ايضا
ان الشعاع النظرى الممتد من مركز المضلع المذكور يكون عموديا على

المستوى المذكور فان المنظر يكون مشابها للمضلع المذكور وتكون الصورة المرسومة على الياق العين المشتبكة هي نفس المضلع المنتظم لكن اذا رسمنا منظر هذا المضلع وتغيرنا وضع نقطة النظر كانت الصورة التي ترسم في الياق المشتبكة غير منتظمة ويترأى لنا ان المضلع ممتد من جهة ومنقبض من الجهة العمودية.

فاذا لم يكن الشكل المطلوب رسمه موضوعا على مستو مواز لمستوى الصورة فان المنظر يبين من جهة صورته الجسم المرسوم تباعا عاما ويظهر من هذا التباين تنوعات لانهاية لها ومع ذلك فهناك قواعد مهمة عامة النفع في اختصار علميات المنظر التي لا بد منها لكثير من الصناعات والمعمارية ومهندسي البلدان والمخترعين وتقاسي المجسمات وغير ذلك

فاذا كان مستقيما أ ب و ث د (شكل ٢٣) موازيين من مبدء الامر لمستوى الصورة وهو م ن فلنا ان نقول ان منظرهما الموجودين على هذه الصورة وهما ا ر و ش د يكونان مستقيمين متوازيين.

وبرهان ذلك اننا اذا مددنا الاشعة النظرية التي هي ض ا و ص ب و ض ث و ض د فان خطوط ا ب و ا ر و ث د و ش د تكون متوازية ويكون خطا ا ب و ث د متوازيين فاذا كان خطا المنظر وهما ا ر و ش د متوازيين ايضا وبناء على ذلك لا يمكن تلاقي هذه الخطوط النظرية

ولنفرض الآن ان خطوط ا ب و ث د و ه ف المتوازية (شكل ٢٤) تكون غير موازية لمستوى الصورة وهي م ن فخذ من النقطة النظرية وهي ص الى صورة م ن مستقيم

ض و موازيا لخطوط ا ب و ث د ه المستقيمة المطلوب وضع
 منظرهما ثم تمد شعاع ض ا و ض ب النظريين اللذين يقطعان
 الصورة في ا و ب فاذن يكون هذان الشعاعان في مستوي مار بنقطة ض
 وبخط ا ب وكذلك بخط ض و الموازي لخط ا ب فاذن يكون
 كل من نقط ا و ب و و الثلاثة الموضوعة على المستوى واللوح
 خطوطا مستقيمة فاذن يكون خط ا ر الممتد مارا بنقطة و ويبرهن
 بمثل ذلك على خطوط ث د و ث ف الخ فاذن يثبت المطلوب وحيث
 نخطوط ا ر و ث د و ه ف الخ التي هي مناظر لمتوازيات ا ب
 و ث د و ه ف دائما اذا امتدت على حسب الاقتضاء بنقطة
 و عند ما تكون خطوط ا ث و ث د و ه ف غير موازية
 لمستوى اللوح ويقال لهذه النقطة الشهيرة نقطة مجمع منظر خطوط ا ب
 و ث د و ه ف الخ المتوازية فاذا رسمنا مناظر صور يكون عليها
 كثير من الخطوط المتوازية فن المقيد ان نعين نقطة المجمع من خطوط
 كل اتجاه فيحصل من ذلك نقطة منظر كل من هذه الخطوط فيكتفي اذن معرفة
 نقطة ثانية لاجل تحديد رسمها

(بيان اجراء علم المنظر في فن العمارة)

يمكن ان نستخرج فائدة عظيمة من نقط المجمع المستعملة في عمليات علم المنظر
 وذلك عند مشاهدة رسم العمارة بطريقة المنظر فتكون اغلب الخطوط
 المستقيمة التي يرسمها المعمار جي موازية اما للمستوى المنتصب الذي يكون
 تابعا لاتجاه اوجه العمارة المراد رسمها واما للمستويات المنتصبة العمودية
 على هذه الواجهة وبالجمله فيمكن كون بعض هذه الخطوط ممتصبا وبعضها
 اقصيا

وحيث ان مستوى اللوح الذي يرسم عليه المنظر منتصب (شكل ٢٥)

فان جميع الخطوط التي تكون منتصبة في العمارة تكون ايضا منتصبة في المنظر واما الخطوط الاقبية اعني الخطوط الموازية لمستوى الوجه فان نقطة مجموعها المطلوب تعيينها تكون و ∞ تعين ايضا نقطة مجموع الخطوط الاقبية العمودية على مستوى الوجه وهي ∞ فاذن لا يكون معنا الانقطة واحدة تعين بنقط منتصب وخط افقي وقد يظهر لنا من طريقة المساقط قواعد سهلة جدا في هذا الغرض ستبينها عند ذكر تقاطع السطوح

فاذا كان هناك خطوط متوازية يمكن مشاهدتها في المنظر ينبغي ان نبحث من اول وهلة هل هذه الخطوط الممتدة تمر بنقطة منفردة موضوعة وضعها

لا تمام لا وهذه النقطة هي نقطة مجموع الخطوط المذكورة على اللوح واذا شاهدنا رسم عمارة على لوح منتصب (شكل ٢٥) كما هي الكيفية الجارية في الرسم وفي النقش حسبما سبق لك آنفا فان النقط الجامعة للجملة من الخطوط الاقبية المتوازية تكون موضوعة على المستوى الافقي المار بنقطة المنظر وذلك ان هذا المستوى المنفرد هو الذي يمكن مده حقيقة من النقطة المذكورة مواز بالخطوط الاقبية وحينئذ تكون النقطة الجامعة لمنظر الخطوط الاقبية الموازية للواجهة من جهة والنقطة الجامعة لمنظر الخطوط الاقبية العمودية على هذه الواجهة من جهة اخرى موضوعتين بارتفاع مساو لارتفاع نقطة المنظر وبناء على هذا الارتفاع تكون خطوط الاتجاهين الاقبيين مشاهدة في المنظر على حسب مستقيم و ∞ الافقي المرفوع بقدر ارتفاع نقطة المنظر ايضا

ويشاهد مع السهولة (شكل ٢٥) ان اعلا شبائك العمارة واسفلها اللذين هما على صورة خط مستقيم يكونان كذلك على صورة خط مستقيم في رسم منظرهما وهذه هي في الحقيقة خاصية اجزاء الخط المستقيم المتنوعة سواء كانت منفصلة او غير منفصلة وذلك ان اتصال اجزاء الخط المستقيم المذكور ولو بنقط وهمي يكفي في تأليف خط مستمر يكون منظره خطا مستقيما منفردا يشتمل على رسم جميع اجزاء الخط المستقيم المذكور الذي

يراد نظره

* (بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير) *

يجب على المصور ان يهتم وقت تصوير الشخص على الالواح بان لا يضعها في مستوا واحد ولا في وضع واحد لانه بدون ذلك تظهر تلك الشخص على ارتفاعات متساوية او ناقصة على وجه منتظم بحيث انهم اذا كانت واقعة مع التساوي كانت ارجلها موضوعة على خط مستقيم بل وكذلك جميع الركب والايدي والاذرع والرؤس تكون ايضا على خط مستقيم وبالجملة فهذه الخطوط تتلاقى في نقطة واحدة وهذا مما تنبه منه النفوس

ولاجل اجتناب هذه الكيفية المحزنة بالرسم يجب على المصور ان يهتم في وضع الشخص على ابعاد مختلفة من الناظر بان يتوهم عدة مستويات موازية لمستوى اللوح وفي المستوى الاول القريب من الناظر تنطبق الاشياء على اللوح بابعاد عظيمة مختصة بها فبعدها في المستوى الثاني اقل منه في الاول وفي الثالث اقل منه في الثاني وهكذا

ويضع المصورون عادة في اول مستوا وفيما يقرب منه الشخص الاصلية التي تستدعي ابعادها تيقظ الناظر وتتباها بالكلية ويتراى للانسان بمقتضى المستوى الذي تكون فيه الصورة ان منظرها لا بد له من ابعاد فاذا لم يجددها المصور مع غاية الضبط كان رسمه فاسدا وكانت الشخص موضع خارج الابعاد التي اراد تحديدها واما اذا اجاد وضعها بان وضع رؤسها واضعا محكما ووجه احداق اعينها توجهها منتظما فان الصور التي ينبغي نظرها لا تنظر

وقد يخطئ المصورون في امور كثيرة ويعدون لها مخالفة للمنظر لاسيما في رسم الاجسام والاذرع والاعصاب التي ليست استقامتها موازية لمستوى اللوح وبذلك تكون في الغالب ناقصة في الطول

وهذا الاختصار هو اصعب شئ في الرسم عند ارباب الصناعة فلا يمكنهم تصويرها في الغالب الا اذا وضعوا اريشكات في المحل الذي يريدون رسمه ويكون

على حسب وضع الارنيكات وقوفهم في المل الذي يكون فيه وضع الناطر
على حسب المل الذي يريدون رسمه

وما ذكرناه من القواعد القليلة يكفي في صور كثيرة ليعرف بها صحة منظر الصور
التي نعرفها او عدم صحتها ويحصل في الغالب ان البنائين والمصورين
لا يدركون قواعد علم المنظر على حقيقة ما فيخطئون في العملية خطأ فاحشا فاذا
اتبعت دائرة العلوم الهندسية وانتشرت عند اغلب اهل اوروباطهر ان الخطأ
الكبير الذي لا يتأثر منه الا القليل من ارباب المعارف في وقتنا هذا يتأثر منه
عامة الناس ويتأذون منهم جميعا ولا يمكن للصنایعية اجتنابه بدون تعب
شديد فيجبرون على الممارسة وبذل الجهد في تطبيقات العلوم الهندسية على علم
المنظر فيحصل حينئذ لاشغالهم صحة التناسب اللازمة للاشغال التامة
في الفنون المستترفة كما هي لازمة في الفنون التي ليس الغرض منها الا ضبط
الاشكال

(بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومحصولات الصناعة) *

اذا اريد رسم محصولات الصناعة او الآلات استعمال في ذلك غالبا علم المنظر
ومزية هذا العلم على طريقة المساقط العادية هي اظهار كثير من الاجزاء التي
يخفي بعضها بعضا بواسطة طريقة المساقط مثلا قد جرت العادة في
استعمال المساقط بخطوط متوازية ان تأخذ مستوى المسقط المنتصب
موازيا للواجهة العمارة او عمودا عليها في الصورة الاولى لا تظهر الاضلاع
الصغيرة من العمارة ولا تشاهد في الثانية تخفي الواجهة بنفسها بخلاف علم
المنظر. فساندته اظهار وجهي العمارة دفعة واحدة كما تراه
في (شكل ٢٥)

وتستعمل قاعدة المساقط في رسم منظر اي صورة كانت مع الدقة والضبط
فاذا فرضنا ان هذه الصورة ونقطة النظر موجودان في المساقط الافقية
والمنتبسة وكذلك اثر اللوح فحصول معنا منظر اي نقطة كانت من هذه
الصورة بواسطة رسم خط مستقيم ممتد من هذه النقطة الى النقطة النظرية

وبواسطة البحث عن تقاطع هذا الخط بمستوى الصورة (راجع الدرس الثالث عشر) وينبغي للمعلم ان يوضح هذه الطريقة ببعض امثلة تجريبية مع ما يلزم لها من الاشكال وذلك بمنظر مربع او مكعب واذا اردنا ان نأخذ رسم عمارة او شئ مصنوع او آلة بواسطة علم المنظر ففائدة ذلك العلم هو انه يسهل علينا رسم جميع ما يقع عليه البصر من الصور على حقيقة بدون ان يحتل منه شئ فينبغي حينئذ مزيد الاهتمام بتعريف التلامذة على انواع هذا الرسم المختلفة التي يجدون لها طرقا سهلة في كثير من المؤلفات المعتبرة

(بيان اجراء عملية علم المنظر في زخرفة محل الالعب) *

ينبغي لمن عرف محل الالعب لاجل تحيين الالعب المذكورة واستجلاب الناس اليها في محل اللعب ان يستعمل اولا بصورة كبيرة متسعة وهي الستارة التي تكون بداخل الملعب ويرسم عليها منظر العمارات والبلاد ثم يضع من الجهتين على حسب خطين بعيدين عن بعضهما قريبين من الناظر عدة صور غير متسعة مرتفعة موازية لبعضها والاستارة المتقدمة وليست تلك الصور في الحقيقة الا اغشية للزينة فيرسم عليها اشجارا او اعمدة متفرقة او اجزاء متصلة لكن هذه الطريقة ليست مستكملة للشروط لان الخطوط التي ترسم على الاغشية المذكورة يحدث عنها اجزاء خط مستقيم تشاهد من نقطة النظر ويظهر ان تلك الخطوط لا يحدث عنها الا خط واحد لانها لا تكون على استقامة واحدة اذا شوهدت من نقطة اخرى من محل اللعب غير نقطة النظر ومع وجود هذا الخلل يكون لهذا المنظر المزخرف المرسوم رسما جيدا مشابهة كلية بحقائق الاشياء كي يستر المتفرجون الجالسون في الملعب على اختلاف مجالسهم سرورا تاما برويتهم ما يروق الخاطر ويوجب التأمل.

(بيان اجراء عملية المساقط المخروطية في علم الجغرافيا) *

يستعمل في رسم الاشياء الشهيرة الظاهرة على الكرة الارضية او على الكرة السماوية كيفية المساقط المخروطية المضاهاة لعلم المنظر

ثم ان المخاريط الممتزجة مثنى او ثلاث والا سطوانات الممتزجة ايضا بهذه
المناسبة يقل استعمالها في علم الميكانيكة مع ان استعمالها فيه فائدة عظيمة
في كثير من الصور

فقد يستعمل فيه مخاريط منتظمة مصقولة (شكل ٢٦) لاجل نقل
حركة الدوران من محور الى آخر بواسطة المحاكاة في صورة ما اذا كان المحوران
غير متوازيين

ويستعمل فيه ايضا المخاريط المنتظمة المضرسة (شكل ٢٧) لاجل
هذا الغرض بعينه

واذا اراد المعمار استعمال اعمدة كثيرة حللها الى مخاريط ناقصة تكون
مضرسة اذا كانت الاعمدة ايضا مضرسة وفن تضريس الاعمدة يستدعي غاية
الضبط والاتقان في العمل وبما يستدل به على المهارة النادرة الوجود التي
اكتسبها الشغالون الذين كانوا يشتغلون في عمارة بلاد اثينا مدة
القرون التي كانت فيها هذه المدينة على غاية من السوود والفخار والبراعة
في الفنون والصنائع هو كمال تفصيل تضريس الاعمدة الكبيرة على صورة
سطوح مخروطية وتتمام التعديل لهذه المخاريط الناقصة ليحدث من ذلك
تضاريس مستطيلة مع الضبط والاحكام مبدءا رأس العمود وغايتها
قاعده

وليس صحة تضريس الطارات المخروطية مقصورة على الزينة والرفاهية
بل تكون ايضا في تضريس الاعمدة ويترتب على صحة التضريسات وضبطها
سهولة نقل الحركات وتدريبه وتنظيمه كما سيأتي ذلك عند الكلام على حركة
التعشق (راجع الجزء الاول من الميكانيكة في المجلد الثاني من هذا
الكتاب)

* (الدرس العاشر) *

في بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة اي مضاعفة الانحناء وغير
ذلك

كل سطح امكن انتشاره اوبسطه اوانفراد على اى مستوي دون ان يكون في هذه العملية جزء من اجزاء السطح يجب امتداده وانقباضه وتضعيفه فانه يسمى سطحاً منتشراً

وقد اخترنا فيما تقدم نوعين مهمين من السطوح المنتشرة وهما نوع الاسطوانات والمخاريط وعلما انه يمكن في الحقيقة انتشار هذه السطوح على اى مستوي دون كسر وانطواء وعلما ايضا عكس ذلك اى انه يمكن انحناء جزء من المستوى بدون انطواء وكسر بحيث يمكن صناعة اسطوانة او مخروط تكون صورته وابعاده معلومين

وبالجملة فقد علم انه يمكن اعتبار الاسطوانة كمنشور متركب من اوجه مستوية كثيرة العبد على صورة شكل متوازي الاضلاع ويمكن اعتبار المخروط كالمركب المتركب من اوجه كثيرة العدد ايضا على شكل مثلث ضيق جدا ويمكن ايضا ان نعتبر السطح المنتشر (شكل ١) كانه متركب من

اوجه صغيرة مستوية مثل ١١ - و ر ب ث و ث ش الخ
منتهية بخطوط مستقيمة مثل ١١ و پ ر و ث ش الخ وتسمى هذه الخطوط اضلاعا

فاذا اردنا انتشار هذا السطح المنحني على صورة سطح مستو فالتأ ابتدى بادارة وجه ١١ - حول ضلع ١ - حتى يوضع في مستوي واحد مع وجه ر ب ث الثاني ثم ندير هذين الوجهين حول ضلع ب ث حتى يكونا معا في مستوي وجه ث ش - الثالث ثم نستمر على هذه الكيفية الى الوجه الاخير فيتحصل حينئذ معنا انتشار السطح المنحني بتمامه

ثم ان الفرق الذي يكون بين المخروط والسطح المنتشر هو ان جميع الواجه التي على صورة الزاوية تكون رأسها في نقطة واحدة بخلاف اوجه السطح المنتشر فان

١ و ب و ث التي هي رؤس اوجه ١١ - و ر ب ث

و ش ت و هلم جرا تكون مختلفة الوضع

وكذلك يعتبر المهندسون أن الخروط مركب من طيتين (راجع الدرس التاسع) (شكل ١) وكذلك السطوح المنتشرة واحدة هاتين الطيتين ترسم على الوجه الذي ذكرناه في الدرس المتقدم وأما الثانية فتترسم بواسطة امتداد الاضلاع الى ا ب ر و ش ت الخ خلف منحنى ا ب ت د الخ ويقال لهذا المنحنى خط القمقرى والذي يسلم للفتون في جميع الاحوال هو اعتبار احدى طيتي السطوح المنتشرة

(بيان اجراء العملية)

اذا اقتضى الحال حفظ اشياء ثمينة فاتنا نحيطها بشئ اقل قيمة منها وتكون احاطتها عادة بمادة لينية مستوية كالقماش والورق والمقوى والجلود والحديد والصفير ونحو ذلك مما يتخذ غلafa كالاكياس وعلب الورق وغلaf الاسلحة وغطاء البضائع وبجميع انواع العلب والقراطيس واغشية العطارين والاجزاء خانة وهلم جرا

وهذه العلاقات مهما كان طيها او عدم طيها هي ضرورة قابلة للانتشار ويجب أن نلاحظ أن المادة التي تستعمل في ذلك لا سيما اذا كانت من انواع المنسوجات وكانت قابلة للامتداد والانقباض تغاير في بعض الحالات بالنظر الى اشكالها الدقيقة السطح المنتشر كما اسلفنا الكلام على ذلك يقتضى رأى المهندسين

(بيان اجراء العملية في صناعة البسط والجوخ)

نبغى أن نتكلم على السطوح التي تحدث عن البسط والجوخ التي هي معدة زينة المساكن والهياكل العمومية فلذا اقتصرنا في هذا الشأن على اشكال السطوح المنتشرة المطابقة للمهندسة على وجه الدقة والضبط تحصل معنا طيات مستقيمة ومحيطات موزنة مجردة عن الزخرفة وعن التنوع في الاشكال وتكون اقرب شها بمحيطات البسط الارسكية

و يظهر ان امة اليونان هي اول امة عرفت واتقنت بواسطة ذكائها وفطنتها ما يمكن تحصيله بمطابقة الخاصيتين الموجودتين في الاقنسة احدهما كونها تنثنى على شكل سطوح منتشرة مركبة من اضلاع مستقيمة والثانية كونها تنحنى مع الانتظام والتساوى كى تبعهم عن هذه الاشكال على التدرج حسبما تقتضيه الطرق التى يستحسنها الذوق السليم وهذه الطرق المستعملة في ترتيب الابنية والعمارات تصلح ان تجعل اصولاً عمومية

ولنرجع الى ما كنا بصددده في شأن السطوح المنتشرة على وجه الاتقان فنقول شيئاً لئلا ان تلك السطوح تستعمل بكثرة في القنون وترى ما يكون في الصناعة من الفائدة في حل مسائلها على وجه هندسى

فاذا اردنا مثلاً رسم سطح منتشر (شكل ٢) مار بمخني

ا ب ث د ه ف و ا ر ث د ه ف المنحنيين اللذين ليسا على

مستوى واحد فرضنا لاجل هذا الغرض ان منحني ا ب ث د ه ف

مضلع مركب من عدة اضلاع مثل ا ب و ب ث و ث د

و د ه وهم جراثم نأخذ مسطرة محكمة الوضع فنضع مسطحها من احد

طرفيها على ا ب ونديرها حول ا ب حتى يتقابل الطرف الثانى

بمنحنى ا ر ث د ه ف في نقطتي ا و ر القريبتين منه جديداً ونعد

خطوط ا ا و ب ر الخ المستقيمة وبعد تمام هذا انضغ المسطرة على

وجه بحيث يكون وجهها العريض المستوى موضوعاً دفعة واحدة على

ب ث و ب ر ونعين نقطة ث التى يتقابل فيها هذا الوجه للمستوى مع

الخط المنحنى ثم نعد ث ونبين بهذه الطريقة د و ه و ف ونصف

الخ فيحصل معنا حينئذ السطح المنتشر وهو ا ب ث د ه ف

و ا ر ث د ه ف الذى يخالف قليلاً بالسطح الماز بمنحنى

ا ب ث د ه ف و ا ر ث د ه ف (راجع الدرس الثالث عشر)

(بيان نشر الاخشاب المنحنية)

يلزم غالباً في عمارة المراكب نشر قطعة من الخشب على شكل سطوح يكون محيطها الاسفل وهو **ا ر ث** الخ ومحيطها الاعلا وهو **ا ب ث** الخ من سوين على وجهين من هذه القطعة فاذا اردنا اجراء عملية النشر بدون اعوجاج المنشار وقلبه لاجل تغيير شكل تلك القطعة المستوية او المنتشرة لزم ان يكون الخط المستقيم الحادث عن اسنان المنشار متجهاً بحيث يمتزج بالثعاقب مع اضلاع **ا ا و ب ر و ث ث الخ** (شكل ٢) فهذه الكيفية يقسم المنشار قطعة الخشب ويرسم سطوحاً منتشرة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاحجار)

تستعمل السطوح المنتشرة بكثرة في قطع الاحجار وهي عادة الاسطوانات والمخاريط فلاجل بناء القبوات ذات الاشكال الصعبة نبين شكل جميع محيطات كل حجر ينبغي جعله في بناء هذه القبوة كما سنبين ذلك في الدرس الخاص بتقاطع السطوح ولذا يسمى هذا الحجر حجر العقد ولاجل ان تكون العمارة على غاية من المتانة والصلابة ينبغي الالتحام هذه الاحجار مع الدقة باجزائها المختلفة التي يحمل بعضها بعضاً ولذا تسمى بسطوح الالتحام فمن المهم اذن ان تكون سطوح الالتحام محددة مع الاحكام والضبط الكلي لتصير مكافئة في وجهي حجري العقد اللذين ينبغي تطبيق احدهما على الآخر ويصل الانسان الى هذا الغرض مع السهولة اذا جعل اوجه الالتحام منتشرة فيصنع حينئذ ارنيك كل وجه منتشر سواء كان متخذاً من المقوى او من الالواح الرفيعة وغيرها ويطبق الارنيك المذكور على وجه الالتحام ثم ينظر هل المسطرة تنطبق انطباقاً كلياً على هذا الوجه بموجب اتجاه الاضلاع

ام لا

ولا يمكن للانسان ان يعرف حق المعرفة ان سطوح الالتحام لابد ان يكون لها في جميع اجزاء العمارة شكل مطابق للشكل المتقدم الا اذا مثلنا ذلك بكنيسة بنهون بياريس وذلك لانك ترى بها قبة متسعة مرتفعة جداً على

اربعة صفوف من الاعمدة الظرفية ولا جل ان تكون العملية تامة ومضبوطة مع السهولة نقطع المخاريط الناقصة المستديرة التي يتركب منها طول العمود بنحتها من منتصفها كي تنضم حوافها بدون ظهور ادنى اثر في خارجها فاذا رأى الانسان هذه الاعمدة عند ارتفاعها فانه بمجرد رؤيتها يترأى له انها من اعظم ملح الفنون بخلاف ما اذا وضع عليها منقل عظيم من جهة القبوة فان حوافي المخاريط الناقصة المماسية لبعضها و ليس لها سطوح كافية تقاوم هذا الثقل تنكسر بالسكية وتهبط القبوة هبوطا كليا حتى يمتلىء الفراغ الذى فى داخل المخاريط الناقصة فيجبر الانسان حينئذ على تشييد اعمدة عظيمة فى وسط صفوف الاعمدة التى تسند عليها هذه القبوة ولا تظهر رظرافة البناء ولو جعلت التحامات للمخاريط الناقصة على صورة سطوح محكمة الوضع لبقى البناء على حاله ويؤخذ من علم الهندسة فى هذا المعنى ما يستعمل من الوسائل فى الصور السهلة والصعبة

فاذا اردنا ان نرسم مع الضبط التسام اضلاع حجر العقد المخنية وهى أ ب

و ب ث و ث د و د أ و أ و و و ث و ث د و د أ (شكل ٣) امكن لنا ان نحدد لاجل كل وجه من وجوه الالتحام سطحا

منتشرا ما را دفعة واحدة بخطى أ ب و أ و و سطحا آخر ما بخطى

ب ث و و ث و سطحا ثالثا ما بخطى ث د و ث و و سطحا

رابعا ما بخطى د أ و د و فاذا اجرينا ذلك فى اجمار العقد المتجاورة

تحققنا ان الواجهة المتماسية تنطبق على بعضها انطباقا كليا ومتى علمنا شكل

أ ب و أ و و ب ث و و ث ومواضعهما سهل علينا استكمال

الطريقة المذكورة (شكل ٢) فى تحديد كل سطح منتشر

واذا اراد الصنائعية ستر مسطح كبير بصفائح رفيعة لينة المادة فانهم يتنون

هذه الصفائح على شكل سطوح منتشرة وكيفية العمل هكذا

وهو انهم يرسمون على المسطح المطلوب ستره (شكل ٤) خطوطاً منحنية

مثل ا ب ث د ه و ا ر ش د ه و ا ر ش د ه و ا ر ش د ه تكون بعيدة عن بعضها بمسافة مساوية لعرض الصفائح التي يستعملونها

ثم يشرعون في ثني هذه الصفائح بحيث تمر بحيطي ا ب ث د ه

و ا ر ش د ه ثم يحيطي ا ر ش د ه و ا ر ش د ه وهلم جرا

ويضعونها عقب بعضها بمعنى انهم يجمعونها ببعضها بالانحام او يطبقون اطرافها على بعضها بطريقة ثابتة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القنب والقنوات)

قد غطيت القنوات الفاخرة التي في سوق القمح بمدينة باريس بصفائح من

النحاس على موجب الطريقة السابقة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن)

قد غطى مهندسو السفن الجزء الاسفل منها المسمى بالقارين كما تقدم على

حسب الطريقة السابقة بصنائح من النحاس كما في ا ب ث د ه

(شكل ٧) وتكون اطراف هذه الصفائح مصلحة ومفصلة على صورة خط

مستقيم مع ان اصلاحها في الغالب انما يكون على صورة خط لا يتحد مع

الحيط اتحادا كلياً غير ان الغطاء الذي ليس مساوياً لجميع الزوايا ولا مستقيماً

على سائر الاضلاع يحدث عنه كيفية واحدة كما اذا قطعنا صفائح النحاس

وجعلناها على صورة محيط موافق لسكال تعديلهما عند فرضنا انهما ملتحمة

ومتلاصقة ببعضها

وهذه الطريقة المستحسنة عند مهندسي السفن مستعملة مع غاية النجاح

والفائدة وذلك لان سطح القارين عظيم جداً بالنسبة لامتداد كل صفحة

تستعمل في التبطين ولان النحاس المستعمل في هذه العملية يمتد جزؤه

المتوسط قليلاً حتى يكون متجهاً في كل نقطة على حسب اتجاهي انحناء

القارين ويريد ذلك وضوحاً عند بيان انحناء السطوح من حيث هي

ثم ان صانع القوى الذي يصنع عدة سطوح مختلفة بواسطة افرخ من الورق او من المقوى ملصوقا احدها على الآخر بواسطة الغراء ومجاورا بعضها لبعض يحدث جملة من السطوح المنتشرة كثيرة التنوع في شكلها وتناسب وضعها

واذا اراد صانع العربات ان يصنع عربة وضع قطع الحديد والخشب التي يتكون منها المحيطات التي على شكل الزاوية من العربة واوزاع الابواب والشبابيك ونحو ذلك وينبغي له ان يستد المسافات التي تعينها تلك الاوزاع والمحيطات الاصلية ويصنع ذلك بواسطة الواح من الخشب الموقيق اللين الذي يثنيه على صورة سطوح منتشرة تمر بمحيطات مفروضة فيحتاج اذن الى معرفة حل المسئلة التي في شكل ٢ و ٣ ثم ان كلا من الخحاس وصانع المداخن والسجكري محتاج لمعرفة حل المسئلة المذكورة فانه في صناعة المداخن وكثير من القدور المستعملة في المعامل مثلا ينبغي في الغالب لاجل تصليح اعلا تلك المداخن والقدور بواسطة الانبوبة ان يرسم سطح منتشر يمر بدفعة واحدة بقاعدة

ا ب ث د السفلى (شكل ٥) ايا ما كانت صورتها وبقاعدة **ا ر ث د** العليا ذات الشكل المستدير كالانبوبة فيجب حينئذ ان يعرف حق المعرفة المحيط الذي يلزم جعله لصفحة الحديد والجملة من الصفائح المعدنية المستوية التي يحدث منها عند ثنيها على وجه مناسب سطح منتشر يمر بدفعة واحدة بقاعدتي **ا ب ث د** و **ا ر ث د** وستكلم على هذه المسئلة

في الدرس الرابع عشر الذي يتعلق بالمماسات

وقد استحسن تغطية السطوح بجلب طويلة منتشرة فهي اولى من تغطيتها بصفائح صغيرة منتشرة كما في (شكل ٤)

واذا لبس العساكر دروعهم رأيت معظم القطع التي تستر اجسامهم واعضاءهم على شكل سطوح منتشرة وهي في الغالب عدة جلب مخروطية او اسطوانية مصنوعة بالسهولة بواسطة صفائح معدنية ذات المنحناء واحد

وليس هنا لمن القطع ما ينبغي ان يكون ذا انحنائين كالخودة مثلا لا مقدار
 قليل حيث يستعمل في ذلك سطوح منتشرة كالبيضة المتخذة من الحديد
 وقد يظهر من عمارة السفن عملية مستحسنه في شأن السطوح المنتشرة
 المنتظمة بواسطة الجلب

وحاصلها ان السفينة اذا كانت مضلعة فانها تكون على صورة سلسلة
 من **ن و ح ح** (شكل ٦) المركبة من قطع خشب مزدوجة وهذه
 المزدوجات وهي ١ و ٢ و ٣ التي ترتفع في مستويات منتصبة
 يكون بينها مسافات خالية، (سه سه نه) وشكل ٨ يدل على الارتفاع
 اى انتصاب المزدوج المنتصف اى الذى فى الوسط ولاجل تميم القارين
 المرسوم بهذه الكيفية ناخذ الواح معتدلة معلومة السمك ويكون محيطها
 مصلحا على وجه مناسب ونضعها بالتطبيق على وجه المزدوجات الخارجى
 ثم ننهيها مع السهولة ليحدث عنها سطوح منتشرة تسمى بالجوانب لكونها
 تغطى سطح السفينة وتكتنفه وتنطبق عليه انطباقا تاما بحيث تكون الاضلاع
 على الاضلاع والاطراف على الاطراف وقد يؤخذ من علم الهندسة طريقة
 عظيمة دقيقة فى اصلاح هذه القطع

وذلك انه اذا وضعنا الجوانب من مبدء القاعدة الى **أ ب ث د**
 وارادنا ان نضع الجانب الاعلا المتحصر بين خطى **أ ب ث د**
 و **أ ر ش** فالتأخذ من نقطتى **سه و سه** الموضوعتين
 وضعنا مناسبا بين **أ ب ث د** و **أ ر ش** خيطا ينطبق على المزدوجات
 فاذا فرضنا ان المحيط المراد عمله يكون محكم العمل والوضع وان
 الخيط المذكور يكون موضوعا بالكلية على سطح الجانب المنطبق على
 اضلاع السفينة فالتأخذ ينشر هذا الجانب اى نجعله منتصبا قائما والخيط الذى
 يبين على سطح القارين الخط الاصغر الراكض بين نقطتى **سه و سه** يستمر
 دائما على ان يبين الخط الاصغر الذى يمكن رسمه بين هاتين النقطتين على السطح

المنتشر اعني على المستوى حيث ان الخط الاصغر الذي يمكن رسمه على
المستوى هو الخط المستقيم فاذن يكون منه خطا مستقيما
(شكل ٦ مكرر) مادام على الجانب يحفظ وضعه الذي يجعله اقصر خط
بين نقطتي منه و منه اي على القارين

فاذا وضعنا ذلك الخيط على القارين عيننا على طوله نقط ١٠ و ٢ و ٣
الخ وبهذه النقط العمودية على اتجاه الخيط نمر بعيدان من الخشب متجهة
اتجاهها عموديا على اتجاه الخيط المتقدم فتصل هذه العيدان من احد طرفيها
بحيط اب ث د ه الخ ومن الطرف الاخر بحيط ا ر ث د ه الخ
الذين ينبغي ان ينطبق بينهما الجانب الجديد انطباقا محكما

فتقيم حينئذ خيط منه ثم نشده على لوح ع ش كل
(شكل ٦ مكرر) بحيث تكون عيدان ١١ و ١٢ و ١٣ و ١٤
الخ الصغيرة عمودية على الخيط المذكور ونرسم عدة
اشكال مضلعة مثل اشكال ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ١ و ٢
و ٣ و ٤ الخ التي يتكون منها خطان منحنيان مستطيلان فتدل هذه
الاشكال دلالة صحيحة على الجزء الاسفل والا علما من المحيط الطولي
من الجانب

ولا يكفي معرفة هذه المحيطات فقط بل يجب ايضا ان نعرف في كل نقطة من
نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ الزاوية
التي تحدث عن الجانب المراد وضعه والقارين ليكون وجه الالتحام منطبقا
انطباقا تاما على التمام الجانب المتصل ويجري ذلك بواسطة اتجاه احد ضلعي
المسطرة المثلثية المتحركة على حسب اتجاه اى عود كان واتجاه الضلع الاخر
على حسب وجه التمام الجانب الموضوع قبل ذلك توجيهها عموديا على ضلع هذا
الجانب المتصل بالقارين واذا قطعنا لوح ع ش كل بيلطة
او قادوم لم يبق علينا الاقل تلك الزوايا الى نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤

الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ على وجه التقابل والتناظر .
 ولجل اجتناب الخلل عند رسم التجارب بواسطة مسطرة المثلية المتحركة
 الزاوية التي تحدث في نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ عن الجانب الجديد
 والجانب الملتصق الموضوع قبل ذلك يضع ضلع المسطرة المثلية المتحركة
 وهو ط ضه على طرف لوح ن ح (شكل ٦ ثالث) ثم يرسم
 خطا مستقيما على طول الضلع الآخر وهو ضه ر ومتى كانت الخطوط
 كلها موضوعة مع الانتظام الموجود في وضع عيدان ١ و ٢ و ٣
 و ٤ الخ التي تقابل نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ سهل على التجار
 معرفة الثقب الذي يلزم جعله لكل نقطة من نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ
 لاجل رسم الضلع الصغير من الجانب على حسب ما يناسب الاوجه الكبيرة
 من الميل

ومما ينبغي التنبيه عليه ان الطريقة المذكورة التي يكون بها السطح القارين
 شكل مخصوص يمكن اجراؤها في عمارة السفن بل وفي كل نوع من الغمارات
 المدنية والعسكرية وهذا من اعظم الطرق اللطيفة والفوائد العظيمة الطريقة
 التي تنتج عن تطبيق الهندسة على الفنون ومن اجل الخواص التي تظهرها
 الهندسة في السطوح

(بيان الاموذجات والارانيك المنتشرة)

اذا اريد ان يصنع في الفنون سطوح منحنية منتبهة ببعض خطوط فاننا نقسم
 هذه السطوح الى اجزاء يمكن اعتبارها كالسطوح المنتشرة تقريرا وناخذ
 صورتها بواسطة الاموذجات والارانيك المتخذة من الورق والمقوى التي يحدث
 عنها سطوح حقيقية منتشرة مع وجود انحنائها الطبيعي بدون تمزق وانطواء
 وهذه هي الارانيك التي يستعملها الخياطون ونحوهم في تفصيل ملابس
 الرجال والنساء

(بيان اجراء العملية في تفصيل القمصة للملبوسات)

الغرض من تطبيق الهندسة تطبيقا مفيدا هو انتظام تفصيل عدة اجزاء

محتوية من الملابس بحيث لا يضيع به الاقطع صغيرة من القماش المطلوب تفصيله ومع عدم استعمال المسطرة والبيكار في هذه العملية ينبغي ان يعتد ان مهارة الخياط ونحوه تقوم بمقام ذلك في هذه العملية الهندسية الدقيقة التي تستدعي في آن واحد امعان النظر وعز يد التأمل وكثرة التجربة في معرفة تفاوت الاجسام البشرية وما يناسبها من أشكال السطوح المنتشرة الصالحة لصناعة الملابس

واذا قطع النظر عن التوفير في الملابس واريدها جعلها مناسبة لما تقتضيه العادة او قصد بها المباهاة والتفاخر فان لذلك اصولا تتعلق بقواعد هندسية و اصول ميكانيكية في صور كثيرة

وينبغي ان تستحضر في شأن الملابس ما استلزمه من المحووظات المتعلقة بالجوخ واليسط بالنظر الى سطوحها المنتهية القابلة للامتداد والانكماش في عدة اجزاء وهذا هو منشأ لينها ومرورها ولما كان لهذه الاقشة خاصية ملائمة للاجسام البشرية الحقيقية او المفروضة كانت صالحة لاستعمالها وتعود الناس عليها وهي الاقشة المستحسنة عن غيرها في اللبس كما يقول الصناع

هذا الفن

فاذا كانت الاقشة المذكورة جامعة بين المرونة واللين والخفة امكن نشرها وطيات عديدة بوجوه متنوعة وتكون قابلة لجميع ما يستحسنه الذوق السليم من ذلك فان الاقشة اللينة الرفيعة اذا لبست وحصل لها ادنى مس وضغط تتأثر بذلك وتكون طوع يد الماس او الضاغطة ويصير منظرها في رأى العين مضطربا لا يستقر على حالة واحدة وربما تذكبه الانسان لطائف الحياة وعدم ثباتها وقرارها بخلاف ما اذا لم تجمع الاقشة بين الصفات السابقة فانها تبقى على شدتها وصلابتها وما ذكرناه من تأثير الاقشة اللينة واضطراب منظرها كان يوجد في الاقشة التي كان يستعملها قديما الصناع ناعية النموذج في صناعة الجوخ الظريف الذي كانوا يسترون به بعض اصنامهم ويوجد ايضا في انواع الشاش والكشمير الموجود الآن

ولا جلي ان يكون ملبوس الانسان تاما على ما ينبغي يلزم ان تكون سطوحه على وجه بحيث يتأني للانسان معها حركة جسمه واعضائه كيف شاء مع السهولة وهذا يستدعي ان يكون في الثياب نوع اتساع وخفة وان يكون تفصيلها ملائما للاعضاء غيراته لما جرت العادة بان الوقار والعظمة والمقام مما يتوقف على التأني وبطئ الحركة لزم ان تكون ملابس اصحاب هذه الصفات ملائمة لحركاتهم حتى تظهر منافعهم وتعرف وظائفهم فعلى هذا يلزم ان تكون برانس البابات وثياب ارباب المشورة وعباءات الملوك مفصلة تفصيلا متسعا من اقشنة قليلة اللين ليحدث عنها سطوح منتشرة تطوى طيات عريضة لا تتأثر بالهواء

واما برانس العساكر والثياب الخفيفة التي يلبسها الراقصون في الالعب وكذا ما يلبس في محال الرقص فانهم لا يكون بخلاف ذلك بحيث يكون تفصيلها ضيقا على قدر الامكان ثم ان الملابس التي تستعمل لمجرد الزينة ينبغي ان تتخذ من الاقشنة اللينة الخفيفة التي تضطرب كالامواج لتكون بها الاجسام وحرركاتها المختلطة على غاية من اللطافة والظرافة وتظهر بها الهيئة على حقيقةها

وعلى ذلك ينبغي ان يكون كل من انتخاب الاقشنة وتفصيل الملابس جارا على حسب ما يتعلق بعمليات الفنون المستخرجة من الاعتبار والملاحظات التي لها داخل في تنظيم الجمعية وتحسينها بخلاف ما اذا نظرنا لراحة الانسان في اللبس وسعة الملبوس وصحة اللبس فان كلا من الانتخاب والتفصيل المذكورين يكون على حسب ما يتعلق بالجمعية من المصالح الحقيقية واما اذا نظرنا الى الصناعة فان الميكانيكة والهندسة هما اللذان يعرف بهما مقادير الصور واصنافها وكذلك وسائل الصناعة والتفصيل والتزيين الذي هو اتم ملائمة من غيره لان يستخرج بواسطة انحناء السطوح المستوية اصالة واجتماعها الاشكال المتنوعة الظريفة التي تكون في الملابس والجوخ عند امة تقدمت عندها الفنون المستخرجة فقدمت ما كليا

وترجع الى ما كنا بصيده في شأن السطوح المنتشرة ونذكر عمليات جديدة

مهمة العمليات المتقدمة بعد ان نتكلم على قواعد تقاطع السطوح
والمماسات وينبغي ان نتكلم الآن على السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء
فنقول

*** (بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء) ***

السطوح المعوجة هي الحادثة من خطوط مسقيمة متتالية لا ينشأ عنها
اوجه صغيرة مستوية

ولاجل تصور الواجهة الصغيرة المعوجة تخيل بيتا في شكل ٩ و ١٠
يكون ضلعا غير موضوعين على مستوا واحد ثم نضع هذا السلم على الارض
بحيث يكون اضعايه استقامة افقية وان لم يكونا في مستوا واحد منتصب
وبواسطة شكل ٩ يظهر مسقطه المنتصب وبشكل ١٠ يتبين

مسقطه الافقي وذلك ان ضلعي **أ ب** و **ث د** (شكل ٩) يتقاطعان
في نقطة واحدة مثل **ع** و **هـ** فاذا حددنا خطا منتصبا من النقطة

المذكورة فانه يتركب في (شكل ١٠) بنقطة **ع** على **ث د**
وبنقطة **هـ** على **أ ب** ولنبدأ الآن من تقطعي **ع** و **هـ** بقسميه

مسندى **أ ب** و **ث د** المذكورين الى اجزاء متساوية بنقط **١**
و **٢** و **٣** و **٤** الخ و **١** و **٢** و **٣** و **٤** الخ ثم غدت خطوط
١ ١ و **٢ ٢** و **٣ ٣** و **٤ ٤** و **٥ ٥** الخ فيحدث معنا سلم
معوج

ثم ان اجنحة طواخين الهوام من قبيل السلالم المركبة من اضلاع مستقيمة
متباعدة عن بعضها ومن اخشاب عووية على احد هذه الاضلاع
وكذلك سلم الصواري (المسمى بالبوافتكو) فهو من قبيل السلالم المعوجة
غير انه ينقص عنها ضلعا واحدا .

ويمكن ان يعتبر ان هذه السطوح المعوجة مركبة من اوجه معوجة ضيقة
جدا متشابهة للسلم الذي اسلفنا الكلام عليه ويطلق على الاضلاع التي تبين

هذه الواجهة الصغيرة اسم الاضلاع المشتركة

(بيان اجراء العملية في عمارة السفن)

لاجل تطبيق قارين السفن نصنع سطوحاً منتشرة من الواح اى كتل مستوية كما ينادى ذلك (شكل ٦) ولاجل صناعة بعض اجزاء من السفينة منحنية كالاجزاء التى عند مقدمها ومؤخرها لا يمكن ان نستخرج من الالواح العريضة جدا الاجوانب قصيرة جدا اذا كان المطلوب بقاء رسمها الملائم لبعض السطوح المنتشرة على وجه العجة والضبط واذا تأملت صورة الجانب المينة فى (شكل ١٢) علمت انه ينبغي فى عمله كثير من الاخشاب حتى يستخرج من الشكل المستطيل رسمه المنحنى المردوز اليه بهذه الارقام وهى ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ والخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ والخ فاذا فرضنا الان ان المحيط ا-ب-ج-د هـ ف غ انحناء خفيفاً ومنظماً (شكل ١١) تحصل معنا حينئذ صورة يمكن وضعها بتمامها على جانب يكون اقل فى العرض من صورة شكل ١٢ الا انه اذا اريد طي جانب متصل كفى (شكل ١١) فانه لا يلاء على وجه الضبط المحل الذى عين له على قارين السفينة فينبغى اذن بواسطة طرق ميكانيكية ان نجعل هذا الوضع بحيث يلاء المحل المذكور وبهذه العملية يكاد السطح المنتشر يكون معوجاً تماماً

وفى اجزاء السفينة التى يكون فيها انحناء القارين جسيماً لا يمكن ان نستعمل جوانب مثنية بدون ان تفسد بنفس هذا الانحناء

(بيان رسم الاخشاب المنحنية)

اذا اريد صناعة قطعة من الخشب عظيمة الانحناء وتطبيقها اسفل محيط ا ب ث (شكل ١٣) على مضلع لسفينة فانتا تأخذ مسطرة ثابتة على صورة خط مستقيم مثل ٥-٦ وترسم بواسطتها مستويين يبين على مضلع السفينة نقط م و ث و هـ الثلاثة التى هى من ا ب ث

ونعتمد من تلك النقطة المذكورة خطوط م ١ و د ٢ و ٣
 الخ المستقيمة اعدة على د ثم تقس طولها وبعد تمام ذلك نأخذ المسطرة
 المثلثية المتحركة ونضع ضلعها الاول على استقامة م ١ والضلع الثاني
 على امتداد سطح القارين فيصير الضلعان المذكوران في مستو عمودي على
 د م د و وتجري هذه العملية ايضا في النقطتين الآخرين وهما د
 و هـ من منحى م د و الخ فيحدث من اوضاع الضلع الثاني من
 المسطرة المثلثية المتحركة سطح معوج يكون وجهه ادا خليا الخشبة المطلوب عملها
 ويصنع وجهها الخارجى ايضا بعمل سطح بان معوج تكون المسافة بينه وبين
 السطح الاول واحدة من سائر الجهات ليكون سمك الخشبة واحدا واما الوجه
 الضيق الذى ينبغي وضعه على ا ب ث فان عمله يكون ايضا بواسطة
 المسطرة المثلثية المتحركة فيشاهد اذن زاوية حادثة من الضلع الباقى الموضوع
 بالتوالى في م و د و و على سطح القارين ومن وجه التحام جانب
 ا ب ث المفروض من قبل ذلك وبعد تمام هذا العمل لا يبقى علينا الا نقل
 هذه القطع في المحال التى تناسبها

واذا اريد صناعة سفينة فالتا ابتدى كما تقدم بعمل قطع مزدوجة من الخشب
 بان نعشقها مشنى ونضعها على صورة مستويات منصبة متوازية كافي
 (شكل ١٤) ثم نلصق هذه القطع المزدوجة فى آن واحد بواسطة قطع
 من الخشب متينة تسمى بالزنانير تكون متجهة على امتداد ضلعي القارين
 او حافتيه وتكون المخينات التى تعقبها مستوية ومرسومة قبل ذلك فى محل
 الارانيك او القواب واما اجزاء السفينة التى يكون انحناؤها قليلا بالنظر الى
 الطول فانه يمكن ان تصنع من مناشير مستطيلة مربعة الزوايا تربيعا متناسبا
 ثم تنى هذه المناشير بحيث تتلاقى فى النقطة المعينة على محيط المزدوجان
 المختلفة فاذا كان الجزء الاصغر من القارين الذى فيه وجه الزنار
 الذى ينطبق على القارين سطحا منتشرا على شكل منطقة قائمة فان

الزئاريسهل ثقبه على هذا القارين عرضا وطولا واذا كان الجزء الاصغر من هذا القارين المغطى بوجه الزئار الذي ينبغي أن يكون متحدامعه سطحامعوجا لم يحصل بينهما الاتحاد التام فيجب مزيد الاعتناء وبذل الهمة الكافية في تطبيق الزئار مع الدقة على مضع السفينة تطبيقا صحيحا بشرط ان يكون هذا التطبيق بموجب المحيط الذي فرضه المهندس في رسم السفينة ولا يمكن استعمال هذه الطريقة في الاجزاء المنحنية من القارين بل يجبر الانسان على مراجعة الطريقة الآتية

وهي اذا كان ا ب ث (شكل ١٤) جزءا من مستوى الزئار فاننا نعين هذا المستوى بخطين يمتزحدهما بالقارين على امتداد ا ب والآخر هو د ه يصير خارج القارين ببعده مناسب ثم نقسم بالمسطرة المثلثية المتحركة الزاوية الحادثة من هذا المستوى و سطح القارين في كل من نقط ا و ب و ث على المزدوجات المختلفة

وبعد ان نضع قالب منحني ا ب ث على قطعة الخشب (شكل ١٥) التي يفصل منها الزئار نرسم ا ب ث ونقطع القطعة المذكورة بان نصنع امام كل من نقط ا و ب و ث الخ حروزا تدخل فيها المسطرة المثلثية المتحركة فتبين الزاوية المترتبة على السفينة مع الضبط والكمال ثم نجعل الخشب بين الحروز بحيث يحدد سطح منتشر او معوج ونعين في داخل هذا السطح نقط ا و ب و ث المتساوية البعد من

ا ب ث ثم نعين كذلك نقط ا و ب و ث المتباعدة من ا ب ث بقدر عرض الزئار فيحصل بهذه الطريقة اول اوجه ا ب ث المنطبق على المزدوجات ثم نقطع الوجه الاعلا والاسفل بكيفية عمودية على وجه ا ب ث ونجعل لهذين الوجهين عرضا لا يتغير من سائر الجهات ثم نقطع الوجه الرابع عموديا على الوجه الثاني والثالث ثم ان عمل هذه القطعة

وكذلك كيفية شغل العبدان التي سبق ذكرها يكون على غاية من السهولة
اذا كان اجراؤه على منوال نموذج في المدن التي على شاطئ البحر بخلاف
غيرها من المدن التي ليست كذلك فانه يمكن التسهيل في ذلك عند تعمير
توضيحه

وقد يستعمل في اعمارات المدنية السطوح المعوجة لاجل قطع اجزاء عقد
بعض القباب والسلام

ومن المعلوم ان درج السلام ينبغي ان تكون مستوية واقعية في الجزء الذي
يستتر عليه قدم الانسان الصاعد والهابط ويكون محيطها مرسوما بواسطة

ا ب ث ف ه و د ه ف ع ش الخ كما في (شكل ١٦)

الذي يشاهد فيه التحامات **ب ث و ه و ع ش الخ**
التي بواسطتها تكون كل درجة مستندة على الدرجة التي تحتها ومستندة

للدرجة التي فوقها وفي السلام المتوازية الدرج تكون التحامات **ب ث**

و ه ف و ع ش الخ موازية لبعضها ومستوية وفيكون
صورتها كاشكال المتوازية الاضلاع

ولكن اذا كان اتجاه السلم منحنيا بحيث يطلق عليه اسم الدوران كانت مشكلة
الدرج من المشكلات التي يصعب حلها حيث يشاهد من مبدء الامر

(شكل ١٧) ان عرض الدرج مختلف في كل نقطة من نقطه وذلك لانها

تكون ضيقة جدا من جهة **و** التي هي عقدة السلم وتوسع في العرض كلما

برزت وبناء على ذلك يكون انحدار السلم المقاس بخط **ع ف ث**

(شكل ١٨) الاسفل مستحسنا كلما كان بعيدا عن محور السلم فاذا نزلوا

التحام الدرج وهو **ف** العمودي دائما على **ع ف ث** من المنتصب

عندما يقرب من ظاهر السلم فيدون من الافق عندما يقرب من عقدة السلم

ثم ان توالي اعمدة **ه ف** في الضلع الداخل وهو **ه** يتولد عنه رسم

سلم معوج مشابه للسلم الذى فى شكل ٩ و ١٠ فاذن يكون
التحام الدرجتين المتواليتين وهو **هـ ف** سطحاً معوجاً فاذا قطعنا جميع
الاجزاه المستوية من الدرجة بموجب القواعد الهندسية السهلة لم يبق علينا
الارسم وجه الالتحام وهو **هـ ف**

ولاجل ذلك نقسم طول كل درجة الى اجزاء متساوية ثم نمد من نقط القسمه
الى **هـ** ١ و ٢ و ٣ الخ المعينة على الضلع الداخلى وهو **هـ**
(شكل ١٧) مستقيماً ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ الخ
اعمدة على هذا الضلع ومتصلة بالضلوع الداخلى وهو **و ب** بدون
واسطة

ويتبين لنا من (شكل ١٨) ارتفاع درجة **هـ ب** العمودية على
و هـ ومن ثم تكون **١ هـ** و **٢ هـ** و **٣ هـ** الخ دالة على ١ و ١
و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ من (شكل ١٧)

واذا مددنا فى (شكل ١٨) **١ هـ** و **٢ هـ** و **٣ هـ** الخ عمودية على
١ هـ و **٢ هـ** و **٣ هـ** الخ فان هذه الخطوط ترسم اتجاه وجه التحام الدرجتين اللتين
فى **و هـ** بالنظر للنقط المتقابلة وهى ١ و ٢ و ٣ الخ فيكنى اذن أن
نرسم بواسطة المسطرة المثلثية المتحركة زوايا **١ هـ** و **٢ هـ** و **٣ هـ** كى
يوجد فى كل من نقط ١ و ٢ و ٣ انحناء وجه التحام **هـ ف**
(شكل ١٦) من الدرج المتجاور

ونصير هذه العمليات واضحة وضوحاً تاماً اذا بينها المعلمون بموجب ارادتك من
الخشب او الجص

ثم ان السلاالم المعتبرة كالسطح المتصل ولومن جهة سطحها الاسفل تكون من
قبيل السطوح الحزونية التى لها منفعة عظيمة فى الفنون (راجع الدرس
الثانى عشر)

(الدرس الحادى عشر)

(في بيان سطوح الدوران) *

حيث فرغنا من الكلام على السطوح المستوية وجب أن نشرع في ذكر سطوح الدوران فنقول انها سهلة التركيب وتستعمل كثيرا في الفنون وخواصها تستعمل دائما في علم الميكانيكة وتحدثها الظواهر الطبيعية نصب اعيننا على الدوام

فاذا فرضنا خطا منحنيا مثل ا ب ث (شكل ١) وادرناه حول محور ا ب فان السطح المتولد منه يسمى سطح الدوران ويطلق على الحركة التي تؤثر في الخط المنحني اسم الحركة المستديرة او حركة الدوران وبالجملة فتي كانت تلك الحركة تامة بان كان مقلهاها ٣٦٠ درجة فانها تسمى دورا

ثم ان كلا من نقط ب و ب و ب الخ يرسم في هذه الحركة دائرة وتكون جميع مستويات هذه الدوائر وهي ب ب و ب ب و ب ب الخ متوازية وعمودية على محور ا ب الذي عليه مراكزها وهي و و و و و الخ وقد تقدم لنا ذكر هذه الخواص المختلفة في الدرس السادس

وليس بلازم ان يكون منحنى ا ب ب ب مستويا حتى يحدث عنه سطح دوران عند ادارته حول ا ب وذلك انه اذا مدت من جميع نقط الخط المنحني وهي ب ب ب ب ب ب الخ عمود ب و ب و ب و ب و الخ على محور ا ب فان طول هذه الاعمدة وبعدها لا يختلفان اذا كان مدها في مستوا واحد ويحدث عن نهاياتها وهي ب و ب و ب و ب و ب و ب و الخ منحن مستوي يرسم عند ادارته حول المحور سطح دوران من جنس ذلك المنحنى

وهذا المنحنى المستوى الذى يحدث بإدارته حول محور أ ب سطح الدوران يسمى دائرة نصفها هذا السطح ومن هنا سميت دوائر ب ب وبعضها دوائر متوازية أو متوازيات فقط

ويقدر ما يمكن رسمه من الأشكال المتنوعة بواسطة خطوط مستقيمة أو دوائر أو منحنيات أخرى باجتماع هذه الخطوط يمكن ان نصنع عدة اجناس مختلفة من سطوح الدوران يظهر فيها تنوعات متميزة تمتاز اما على حسب وضع المحور بالنسبة لخط التولد

ولنبين على التوالى سطوح الدوران السهلة المهمة فى الصناعة فنقول

(بيان سطوح الدوران المتولدة)

(من حركة خط مستقيم)

إذا كان خط التولد عمودا على المحور فإنه يرسم عند ادارته حول المحور المذكور مستويا وقد ينشأ فى الدرس السادس الطرق المتنوعة التى تحدثها هذه الخاصية فى الفنون لاجل صناعة سطوح مستوية

وإذا كان خط التولد المذكور موازيا لمحور و و (شكل ٢) فإنه يرسم اسطوانة مستديرة وهى التى سبق ذكرها وخاصيتها وتطبيقها على الصناعة فى الدرس الثامن

وإذا كان الخط المذكور مارا بنقطة من محور و و (شكل ٣) ومائلا بالنسبة لهذا المحور فإنه يرسم مخروطا مستديرا قد ذكرنا خاصيته وتطبيقه على الصناعة فى الدرس التاسع

وإذا لم يكن ذلك الخط موازيا للمحور وكان بالنسبة لهذا المحور كضلع من سلم معوج موضوع جهة الضلع الآخر فإن الخط المذكور يرسم سطح دوران (شكل ٤) يكون انحناءه مختلفا فى الاتجاه

وإذا لم يمر خط أ ب المستقيم بمحور و و امكن ان نفرض خطا ثانيا مثل ا - موازيا بالتمام الى مستوى و و المار بهذا المحور ويتقاطع

المستقيمان بالضرورة في نقطة **ح** الموضوعة على مستوى التماثل وإذا
 ادرانا مستقيمي **أ ب** و **أ ر** بحركة متساوية حول المحور ليقتربا
 أو يبعدا مع التساوي عن مستوى **و و** فإن ذلك المستوى يكون دائماً
 مستوى تماثلهما ويتقاطعان دائماً في نقطة واحدة موضوعة على المستوى
 المذكور وندير حول المحور مستوى التماثل وخطي **أ ب** و **أ ر**
 المستقيمين فإذا كان الخطان المستقيمان منتظمين بحيث يتقاطعان دائماً على
 مستوى **و و** فإنه يحدث عن نقط تقاطعهما منحن وهو دائرة نصف
 نهار سطح الدوران المتولد من مستقيمي **أ ب** و **أ ر** ويتولد أيضاً
 من الخطين المستقيمين المذكورين عند ادارتهما حول **د و** السطح
 المذكور وشكل **٤** يبين حالتي المستقيمين اللذين يحدث عنهما هذا
 السطح ويعرف التلامذة هاتين الحالتين حق المعرفة إذا بين أهم المعلمون ذلك
 على أن يدرك بدائرتين من المقوى متصلتين بمحور وبمخروط متساوية الميل في
 جهتين متقابلتين

(بيان المقرض)

قد صنع العلم فرى وهو من قدماء المهندسين مقرضاً عظيماً نصلتان
 مستقيمتان أحدهما ثابتة وهي **أ ب** (شكل **٤**) والآخرى وهي **أ ر**
 دائرة حول محور **و و** وهي دائماً مماسة في دورانها للدائرة وتقطع ما بينهما
 من الاجسام

(بيان محلات الغزل)

هذه المحلات منها ما هو مصنوع من قضيبين مثل **أ ب** و **أ ر** دائرتين
 حول محور **و و** وهذه المحلة إذا لف الغزل على وسطها لا يمكن سقوطه عنها
 وإذا اردنا أن نخلع عنها مقدار ذراع من الغزل الملفوف على وسطها فإنه اقرب
 القضيبين من المحور بطريقة ميكانيكية سهلة

(بيان الكرة)

يكفي لعمل هذا السطح تدوير دائرة $\overline{أم ب ن}$ (شكل ٥) حول
 قطر من اقطارها مثل $\overline{أ ب}$ ونثبت ان جميع نقاط محيط دائرة نصف
 النهار التي هي $\overline{أم ب ن}$ متساوية البعد من مركز $\overline{و}$ فكذلك
 تكون على بعد واحد من هذه النقطة التي هي المركز اذا ادركنا تلك الدائرة حول
 محور $\overline{أ و ب}$ فاذن تكون جميع نقاط سطح الكرة على بعد واحد من مركز
 $\overline{و}$ الذي هو مركز الكرة المذكورة

وكل نقطة موضوعة في مستوى دائرة نصف النهار وهي $\overline{أم ب ن}$
 سواء كانت في خارجها او داخلها تكون بالنسبة لمركز $\overline{و}$ اقرب او ابعد من
 نقاط محيط $\overline{أم ب ن}$ فاذن تكون كل نقطة من الفراغ الموجود في
 مستوى دائرة نصف النهار بعيدة عن مركز الكرة اذا كانت في خارج الدائرة
 وقريبة منه اذا كانت في داخلها
 وحينئذ تكون جميع نقاط سطح الكرة على بعد واحد من المركز واما ما عداها من
 النقاط فلا يكون على هذا البعد منه

واعلم ان كل مستو مار بمركز الكرة يقطعها في خط منحن تكون جميع نقطه
 على بعد واحد من المركز المذكور بمقدار يساوي نصف قطر الكرة ويكون هذا
 المنحنى دائرة فاذا ادركنا هذه الدوائر المختلفة على كل واحد من اقطارها
 حدثت اكر متحد المركز ونصف القطر فاذن تكون كلها بمنزلة كرة واحدة

وكل وتر مثل $\overline{م د}$ من دائرة $\overline{أم ب ن}$ (شكل ٥) يكون
 اصغر من قطر $\overline{م ن}$ ويزداد ضعفه كلما بعد عن مركز الكرة لكن اذا دارت

الدوائر حول محور $\overline{أ و ب}$ العمودي على وتر $\overline{م د}$ فان نصف وتر $\overline{م د}$
 يرسم مستويا وترسم نهايته محيطيا يكون موضوعا بتمامه على الكرة المذكورة
 فاذن ينتج اولاً ان كل قطع مثل $\overline{م د}$ حادث عن مستوي الكرة يكون دائرة
 وثانياً ان الدوائر المرسومة على الكرة تكون اصغر من الدوائر التي يكون

مركزها في مركز الكرة ومن هنا سميت الدوائر الكبرى او العظمى من الكرة
ونالنا ان الدوائر الصغرى تصغر بقدر بعد مركزها عن مركز الكرة

(بيان الطوق المستعملة في رسم الكرة)

يمكن ان نعين (شكل ٩) على محور المخروطة الذي هو ا ب الجسم
المطلوب خروطه على صورة كرة ثم نعين على اى بعد من هذا المحور نصف دائرة
ا ط ر التي قطرها ا ر ا ب وبموازله فاذا اخذنا آلة قاطعة
تبرز بقدر ط م المساوى لما بين ا ر و ب من البعد ووجهيها
بالتوازي على امتداد ا ط ر فان سنها الذي هو م يرسم دائرة نصف
النهار التي هي ا م ب فاذا اذاه وجهيها المخروطة فان هذه الدائرة
ترسم كرة

ويمكن ايضا ان نضع هذه الآلة القاطعة بحيث يتزاحق ساقها وهو ط على طول
دائرة ا ط ر التي مركزها هو عين مركز دائرة نصف النهار وتكون متجهة
دائما نحو و التي هي مركز دائرة ا م ب و ا ط ر فمن الواضح اذن
ان كلامنا ط م و ط م يدل على تفاضل انصاف اقطار الدائرتين
المذكورتين حين يقطع ط دائرة ا ط ر وينبغي ان يكون دائما م
مستقرا على دائرة نصف النهار وبذلك يمكن سن الآلة على سطح الكرة مع
الثبات

ويمكن صناعة اكر بواسطة الصب وبذلك تصنع كال المدفع التي هي اكر مثلثة
ولا جل صناعة البلب والابوس التي هي اكر مخوفة ينبغي صناعة قالب تكون
صورة اجزائه مخططة (شكل ٨) ودالة على كرتين احدهما مثلثة مثل ا
والاخرى مخوفة وهي ب ب ب وبين هاتين الكرتين نصب البلب
والابوس فيرى من ذلك ان صحة العملية منوطة بصورتين احدهما ينبغي
ان يكون لجزئ ا و ب ب ب شكل كروي تام الثانية ينبغي

أن يكون مركزهما موضوعين في نقطة واحدة ثم ننقل بواسطة المحرطة سطح
السبيل على وجه كروي

ولنجد في دائرة $ام ب م$ (شكل ٩) وتر $م م$ ونصف قطر
و $ا$ عودا على هذا الوتر فإذا ادركنا شكل $ام$ وحول محور $اوب$
تحصل معنا ثلاث حالات الاولى انه يتولد من قوس الدائرة الذي هو
 $ام$ طيلسان كروي الثانية انه يتولد عن قطعة الدائرة وهي $م ا م$ قطعة
كروية الثالثة انه يتولد عن قطاع الدائرة الذي هو $وم ا م$ قطاع
كروي

وينبغي ان نخل ماكثر استعماله من تلك المسائل في الفنون فنقول
ماسطح الطيلسان الكروي الذي هو $م ا م$ (شكل ٩) وماسطح الكرة
التامة وما حجم قطعة الكرة وقطاعها وما حجم الكرة التامة
ولاجل بيان سطح طيلسان $م ا م$ (شكل ٩) نفرض اننا نبدا
 $م ا م$ الذي هو قوس دائرة نصف نهار الكرة بكثير الاضلاع الذي لانهاية
لعدد اضلاعه مثل $م د$ و $د ح$ الخ ثم ندير هذا المضلع حول محور
الطيلسان وهو $اوب$ فيحدث عن كل جزء من الخط المستقيم وهو $م د$
و $د ح$ الخ مخروط ناقص يكون محوره $اوب$ ويكون بين السطح
الكلي لهذه المخاريط الناتجة و سطح طيلسان $م ا م$ الكروي مخالفة
قليلة بقدر ما يوجد من الاضلاع في مضلع $م د ح ا ح د م$ فحينئذ يكون
سطح المخروط الناقص القائم الذي هو $م م د د م د$ مساويا لمجموع محيط
القاعدتين مضروبا في نصف ضلع $م د$ اعني ان سطح المخروط
الناقص الذي هو $م م د د م د =$ (محيط $م م$ + محيط $د د$)
 $\frac{1}{2} م د$

وان سطح المخروط الناقص الذي هو $د د ح ح د د$ = (محيط $د د$ +
محيط $ح ح$) $\frac{1}{2} د ح$ وهكذا

فاذا مددنا $د$ شبه موازيا للمحور فان المثلث القائم الزاوية الذي هو

م د شه يكون مشابها للمثلث القائم الزاوية الذي هو و ع غ الحادث
عن و ع العمودى على وتر م د وعن و ع العمودى على محور
أو ثم على د شه وعن و ع العمودى على م شه

فاذن يكون المثلثان متشابهين وينتج معنا هذا التناسب وهو د شه
: د م :: ع غ : ع و :: المحيط الذى نصف قطره و ع أو الذى

قطره و ع إلى المحيط الذى نصف قطره و ع أو الذى قطره أ ب
وذلك اذا فرضنا ان عدد اضلاع المضلع كثيرة بحيث لا يوجد تفاضل ظاهر

بين و ع و و م = و أ الذى هو نصف قطر الكرة فينتج اذن ان

م د × محيط و ع = د شه × محيط أ ب ولكن و ع =

$\frac{1}{r} (m^2 + d^2)$ فاذن ينتج ان م د × $\frac{1}{r}$ (محيط م م

+ محيط د د) = د شه × محيط أ ب

والحد الاول من تلك المساواة هو سطح المخروط الناقص الذى هو م م د د

والحد الثانى هو محيط دائرة نصف النهار مضروباً فى د شه الذى هو

ارتفاع المخروط الناقص

فاذن متى كان كثير الاضلاع الذى هو م د ح الخ متكوناً من عدة اضلاع

صغيرة جداً فان السطح المتولد منه يكون مساوياً لمحيط دائرة نصف

الكرة مضروباً فى مجموع ارتفاعات د شه و ع شه الخ من المخاروط

الناقصة المتولدة من دوران اضلاع للضلع فاذن ينتج

اولاً ان سطح الطيلسان الكروى وهو م أ م يكون مساوياً لمحيط الدائرة

الكبرى مضروباً فى سم الطيلسان وهو أ د

ثانياً ان سطح الكرة يكون مساوياً لمحيط دائرة نصف النهار مضروباً فى قطر

هذه الدائرة

لكن حيث كان سطح دائرة أ م ب م الكبرى يساوى المحيط مضروباً

فى نصف القطر اى ربعه كان سطح الكرة مساوياً لسطح الدائرة

الكبرى او دائرة نصف النهار اربع مرات واذا علم انه لا اجل تغطية دائرة

الناقص الذي هو م م م م (شكل ٩)

وقد يصنع السمكري اوصانع المقوى بواسطة صفائح من المعدن او من المقوى
مجزأة الى مناطق مستديرة ملتحمة او ملصوقة بالغراسطوحا تكون مغايرة
للكرة على حسب ضيق مناطق تلك الكرة وكثرتها وينفعهما في ذلك الطريقة
السابقة غاية النفع ويستعملها في الغالب البنائون والنجارون
وبعد أن ينشأ طريقة صناعة السطح الكروي بمخاريط لزم ان ينشأ طريقة
صناعته باسطوانات فنقول

ان فرض اننا من محور الكرة الذي هو **أ ب** بعدد دواثر مستوية من
دواثر انصاف النهار (شكل ١٠) بحيث تقسم الفراغ الموجود حول
هذا المحور الى زوايا مستوية صغيرة جدا وتصور زيادة على ذلك جملة
مستويات عمودية على محور الكرة فتكون موازية لبعضها فتقطع اولا
الكرة الى دواثر متوازية وثانيا تقطع دواثر انصاف النهار الى عدة نقاط
تكون على بعد واحد من بعضها فوق هذه الدواثر فتكون تلك النقاط رؤسا
للاشكال المضاعفة المنتظمة المتشابهة التي اضلاعها المتقابلة متوازية لجميع
الاضلاع المتوازية المتخذة الاتجاه يحدث عنها اسطوانة تمارضلاعها دفعة
واحدة بدأرتي نصف النهار المتوايتين فينتج من ذلك عدة مناطق اسطوانية
متشابهة من حيث سطحها لشقق قاوونة مضلعة وكلما كثرت اضلاع المناطق
المذكورة قرب السطح الحادث عنها من سطح الكرة

(بيان اجراء العملية)

فحين يجمع على هذا السؤال بواسطة شقق اسطوانية لاجل صناعة اكر او قطع كرة
الحرير المصمغ والجلد والمقوى والحرير الخالص والورق والنز وما شبه ذلك
عما يستعمل في صناعة القباب الهوائية والمنشآت الصغيرة المثلثة بالهواء
والاكر التي يلعب بها الاكر الارضية والسماوية المعدة لتعلم على الجغرافية
والهيئة ومظلة المطر والشمس ووقاية النظر التي على هيئة نصف الكرة
للمستعملة لمنع ضرر ضوء المسارج وقد يكون اتجاه خطوط نصف النهار

في مظللات الشمس والمطروفي وقاية العين معيناً بواسطة سلول من الحديد
وانظر هنا صورة الشكل الآتي الذي يلزم ان يكون للشقق الاسطوانية التي
يحدث عن مجموعها سطح تكون الصاماته او محيطه دوائر انصاف نهارة

واحدة

وتكون فيه عروض $\overline{م م} = \overline{م م} \cdot \overline{د د} = \overline{ن ن} \cdot \overline{الح}$
(شكل ١٠) من احدى تلك الشقق مناسبة لنصف القطر اللذين هما
 $\overline{وم} \cdot \overline{ون}$ من الدائرتين المتوازيين وذلك لان مثلثي $\overline{وم م}$ و $\overline{وم ن}$
متشابهان فعلى هذا اذا كان $\overline{وم} \cdot \overline{ون}$ هما انصافا
قطري الدائرتين المتوازيين المطابقتين لخطي $\overline{م م}$ و $\overline{د د}$ تحصل
معنا هذا التناسب وهو $\overline{وم} : \overline{ون} :: \overline{م م} : \overline{ن ن} :: \overline{م م} : \overline{د د}$
فاذن نعرف بغاية السهولة العروض التي تطابق النقط من كل شبة
وبذلك نعرف شكل هذه الشقق

(بيان اجراء العملية في علمي الجغرافيا والهيئة)

اعلم ان خواص الكرة تستعمل في هذين العلمين امتدادا لا مفيدا
فقد يكون شكل الارض في الظاهر على صورة سطح دوران لا يغاير الكرة
الاقبالا

وقدمك الناس قرونا عديدة حتى عرفوا ان الارض مستديرة من جميع
جهااتها وسميت كرة لان شكلها كروي ولم يعرف علما الهيئة ان الارض مسطحة
من جهة وبارزة من جهة اخرى عمودية الا بمعرفة خواص الهندسة
والميكانيكة التي ظهرت في آن واحد

وحيث رأى الجغرافيون ان سطح الارض كروي قسموا السطح المذكور
بهذه الكيفية

وهي انهم اطلقوا اسم المحور على الخط المستقيم الذي يمر بأرضهم ان السماء
تدور حوله دورانا تاما في ظرف اربع وعشرين ساعة واطلقوا اسم قطبي
الارض على النقطتين اللتين يمر بهما المحور المذكور من سطح الارض وسموا

بسطوح دوائر انصاف النهار كل ما من منها بهذين القطبين وجهه لوادواً
انصاف النهار الخطوط التي ترسمها هذه السطوح على سطح الارض وجهه لوادواً
المتوازيات جميع الدوائر المرسومة على سطح الارض المذكورة بواسطة
مستويات متوازية وعمودية على الارض

فاذا اعتبرنا ان الارض سطح دوران كان كل متوازيين على بعد واحد من
بعضها و كانت دوائر انصاف النهار هي التي تقاس بها المسافة الفاصلة
للمتوازيات على السطح المذكور

وكل متوازي يمر سطحه بمركز الارض فهو اكبر المتوازيات ويسمى بخط
الاستواء لانه يقسم الكرة الى جزئين متساويين يسمى كل منهما بنصف
الكرة

ونصف الكرة الشمالي هو الذي يكون فيه القطب الشمالي وعليه فتكون بلاد
فرانسا موضوعة في نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الاخرى يسمى جنوبيا
تسمية له باسم القطب المشتمل هو عليه

فاذا فرضنا ان هناك ٣٦٠ من مستويات دوائر انصاف النهار متساوية البعد
فانها تكون مشتملة على زوايا قدر كل زاوية درجة واحدة وتقسم المتوازيات
وخط الاستواء معا الى ٣٦٠ جزءاً متساوية اعني الى ٣٦٠ وهي
درجات الطول فاذا قسمنا المسافة المنخفضة بين اثنتين من دوائر انصاف النهار
المذكورة التي هي ٣٦٠ الى ٦٠ جزءاً متساوية بمستويات دوائر
انصاف نهار كروية اخرى فان هذه المستويات تقسم درجات الطول الى ٦٠
جزءاً متساوية وكذلك الى دقائق وغير ذلك

فاذا كانت المتوازيات متساوية البعد وكان عددها ١٨٠ فانها تقسم
دوائر انصاف النهار الى ٣٦٠ جزءاً متساوية وهي درجات العرض وقد
يقسم بعض المتوازيات بالمتوسطة تقسيماً ثانوياً تلك الدرجات الى دقائق وثوان
وثوانث وهلم جرا

* (بيان قسمة سطح الارض الى مربعات كروية ليمتيزر بها الخطوط الاماكن) *

كأن سطح المستوى ينقسم الى مربعات بواسطة خطوط متوازية وعمودية
ليتبين بها وضع الاشكال المرسومة على هذا المستوى كذلك ينقسم سطح
الكرة الى مربعات كروية بواسطة دوائر متوازية وعمودية ليستبين بها مع
الضبط والصحة على هذا السطح وضع سائر الاماكن والخطوط الشهيرة
كوضع المدن ومجاري الانهار واتجاه سلاسل الجبال ومحيط شواطئ البحر
ونحو ذلك

فانه متى عين في نصف الكرة ما يكون عليه وضع المكان من المتوازيات
او دوائر انصاف النهار كان وضع ذلك المكان معيناً تعيناً تاماً وطريق ذلك
ان نعد المتوازيات بواسطة درجات العرض على هذا الوجه وهو ان نبتدئ من
٠ و ١٠ و ٢٠ و ٣٠ الى ٩٠ ويكون ذلك من خط الاستواء الى
القطب الشمالي من الجهة الاولى والى القطب الجنوبي من الجهة الثانية ونعد
ايضاً دوائر انصاف النهار بهذه الكيفية بان نبتدئ في العد من ٠ و ١٠
و ٢٠ و ٣٠ الى ١٨٠ من درجات الطول ويكون ذلك من دائرة نصف
النهار الى تمر برصد خانة باريس مع تعيين درجات المشرق ودرجات
المغرب فاذا وصل الانسان الى ١٨٠ من درجات الطول كان على دائرة
نصف نهار باريس

ومتى عرفنا بهذه الكيفية وضع اي نقطة من الكرة على احد نصفي الكرة
كفي في الوقوف على وضعها الحقيقي الذي لا يلبس بوضع آخر ان نعرف عدد
الدرجات الذي يدل على طولها والذي يدل على عرضها

وانفع عملية في الجغرافيا والهيئة والملاحة هي التي عرف بها وضع المدن
الشهيرة والجهات العظيمة من الكرة بواسطة عدد الدرجات وكنسورها
في الطول والعرض الدالين على وضعها وبالجملة فهذه الطريقة تستعمل
كأرايت في تعيين وضع اي نقطة على الكرة بواسطة عددين وهي اقرب شها
بالطريقة التي تستعمل في تعيين وضع اي نقطة على مستوي بواسطة
عددين

وقد تستعمل إحدى الطريقتين في رسم سطح الأرض الكروي على خارطة
مستوية ذات مربعات متكونة من خطوط مستقيمة

وقد يرسم بعض الخطوط المستقيمة المتوازية المتساوية البعد التي هي \bar{A} و \bar{A}
و \bar{A} و \bar{B} و \bar{B} و \bar{C} و \bar{C} و \bar{D} و \bar{D} الخ (شكل ٢ لوحة ٥)
دوائر انصاف النهار المنفردة على هيئة مستقيم فترسم حينئذ الخطوط
المستقيمة المتوازية التي هي \bar{A} و \bar{A} و \bar{B} و \bar{B} و \bar{C} و \bar{C} الخ
الدوائر المتوازية المنفردة الممتدة لان خط \bar{A} و \bar{A} = \bar{B} و \bar{B}
= \bar{C} و \bar{C} وهكذا مع ان المتوازيات تصغر كلما بعدت عن خط
الاستواء

ولنفرض الان ان تقاسيم \bar{A} و \bar{B} و \bar{C} و \bar{D} و \bar{E} الخ
تتبدل بالنسب الى المتوازيات المقابلة لها وهي \bar{A} و \bar{A} و \bar{B} و \bar{B}
و \bar{C} و \bar{C} الخ فاذا فرضنا ان المربعات صغيرة جدا امكن ان نعتبر ان كل
واحد من المربعات التي رسمت على الكرة مربع مستو طوله وعرضه مناسبان
للطول والعرض من المربع الممتد بالنسب في الجهتين على الخارطة
المستوية

حينئذ تكون جميع الاشكال المرسومة على الكرة في الخارطة المختصرة منقولة
على اجزاء متشابهة مستوية وعليه فتكون الاجزاء الصغيرة التي تتركب
منها الاجزاء المتشابهة متشابهة ويحدث عن خطوطها مع بعضها جلة زوايا
كما تحدثها مع المتوازيات ودوائر انصاف النهار وغير ذلك ومن هذا القبيل
ما يسمى بالخارطات البحرية

(بيان اجزاء العملية في اتجاه الطرق)

(في علم الملاحة)

اذا اراد الإنسان في سياحته ان يسلك طريقا واحدة يتولد عنهما دائرة
نصف النهار زاوية واحدة فان تلك الطريق ترسم على الخارطة الكروية بواسطة
خط مستقيم ممتد من النقطة التي يتعدى منها السياح الى النقطة التي ينتهي اليها

وبهذا الخط تعرف زاوية الطريق التي سلكها الملاح في انتقاله من محل الى آخر سواء كان سيره في بحر كروي الشكل او سطحه ذو تعرجات وانعطافات.

واذا فرضنا ان الارض كروية الشكل فانما اراد الجغرافيون بذلك انهم اسع عدم تساوى اجزائها المختلفة التي تظهر من سطحها تغاير قليلا صورة سطح الكرة بالنظر لعظم جرمها وان كان في الواقع ونفس الامر ارتفاع الجبال الشاهقة لا يساوى جزءا من الف من قطر الكرة القريبة جدا من شكل الارض وعظم جرمها.

وقد تكون خشونة قشر النارنجة مثلا بارزة بالنسبة لجمها اكثر من الجبال الشاهقة بالنسبة لجم الارض

ولاجل قياس ما بين تلك الاجزاء من الاختلاف مع غاية الضبط نفرض انه من نقطة معينة من شاطئ بحر او بحيرة مثلا نرسم سطح كرة يكون مركزه عين مركز الارض ونعين عليه دوائر انصاف النهار والمتوازيات المتقابلة لدوائر انصاف النهار الارضية

ولاجل تحديد وضع اى نقطة من الكرة يلزم تعيين ارتفاع النقطة المذكورة من اعلا سطح الكرة المتقدمة ثم بين عدد درجات الطول والعرض اللذين يعرف بهما المتوازي ودائرة نصف النهار الماران بالعمود الممتد من النقطة المرصودة الى سطح الكرة

وسنبين عند الكلام على معادله السواءل كيفية قياس ارتفاعات النقاط المختلفة من الكرة ونقلها الى سطح الكرة المجعولة حداثا للتشبيه بواسطة الآلة المسماة بالبارومتر ومنثل هذه الاقيسة ليس مما يرغب فيه الانسان كمال الرغبة وانما يستعملها المهندس الذي يريد رسم خزان او طرق ليعرف بها ارتفاعات الانخفاض والارتفاع اللذين يلزمه جوبهم عند ارادته الذهاب من محل الى آخر وتستعمل ايضا في قسمة الكرة الى اقطار تكون ارتفاعاتها دالة على الاقطار الحارة وعلى كغير من الجواهر الطبيعية

وزيادة على ما بين الاجزاء الارضية من الاختلاف الكثير الذي يتولد منه

تعرىجات قليلة الامتداد او كثيره وظاهرة قليلا او كثيرا على سطح الكرة
الظاهر ترى في صورة الارض تغيرا واختلافا عاما في جميع اجزائها بهجدها
عن شكل الكرة فتراها مقطعة من جهة قطبيها ومنفتحة من جهة خط
الاستواء فاذا كان الانسان على سطح الكرة وكان في القطب فانه يكون
قريبا من مركز الارض اكثر مما اذا كان في الاقطار المتوسطة ومن باب اولي
اذا كان في خط الاستواء

ثم ان معرفة تسطح الارض مهمة جدا في الصناعة لما ان تسطحها يجعل
درجات العرض طويلة مع جهة القطب وقصيرة من جهة خط الاستواء
وله تأثير عظيم في قوة الثقل التي تنقاد اليها جميع الاجسام وهذه القوة في جهة
القطب اعظم منها في جهة خط الاستواء ومن هنا البندول المنقول من القطب
الى خط الاستواء فانك ترى حركته تبطى شيئا فشيئا واذا لم يكن هناك مانع
ترى عمود الهواء الواقع على القطب انقل من العمود الذي يقع على خط
الاستواء وينتج من ذلك تنوعات في حركة الآلات المائية والآلات البخارية
وغيرها

وسأني لك عند الكلام على الآلات والقوى المحركة في المجلد الثاني والثالث
بيان القاعدة التي بمقتضاها يتغير ثقل الاجسام وثقل الكرة الهوائية وسرعة
البندول في الإماكن المختلفة من الارض وبيان ما ينتج عن ذلك من النتائج
المستعملة في عدة فنون

* (بيان الكرة السماوية) *

تستعمل الكرة المنقسمة بواسطة المتوازيات ودوائر انصاف النهار الى
مربعات ليعرف بها وضع الكواكب في السماء كما يعرف بها ذلك على الارض
فنعرض اولاً ان السماء كرة محورها مركزها عين محور الارض ومركزها وثانيها
ان جميع الكواكب تكون موضوعة على سطح الكرة المذكورة
وحيث ان معظم الكواكب وهي النجوم على بعد واحد من بعضها في الكرة
السماوية كان وضعها الاصلى لا يتغير

فاذا كان هناك نجم موضوع مع غاية الضبط على اتجاه المحور بمعنى انه قريب جدا من القطب كان بمفرده ثابتا اذا تحركت النجوم الاخرى فلذا سمي بالنجم القطبي لقربه منه ثم تراه يرسم دائرة صغيرة جدا وقد يتغير وضع جميع الكواكب بالنسبة اليها فلذا كان الفلكيون يقيسون عدد درجات الطول والعرض التي تدل على الوضع المذنب في اليوم بتمامه وفي ساعات معلومة منه فاذا عتوا في السماء عدة نقط منفردة عن بعضها تدل دلالة تامة على الطريق الذي يقطعه الكوكب فانهم يرون من هذه النقط بخط منحني مستمر وهو الطريق الذي يسير فيه الكوكب بتحركه الظاهري على سطح الكرة السماوية

وبمعرفة هذه المنحنيات المرسومة بحركة الكواكب علم النجمون انها مسطحة وقابلة لان تكون مرسومة على مخروط قائم مستديرا وسطح دوران مخروطي وهو القطوع المخروطية فالكواكب السيارة ترسم في سيرها قطوعا ناقصة ويتراى ان ذوات الذنب ترسم قطوعا مكافئة وان الشمس تشغل نقطة احتراق هذه الخطوط المنحنية (راجع الدرس الثالث عشر)

ولهذه العمليات الهندسية مدخل عظيم في سير الكواكب فبدونها لا يمكن ايجاد خاصية التجاذب العظيمة التي تبين قوى الكواكب السيارة وحركاتها وتجعل لعلم الفلك عند المتأخرين علوه شان ومزيد اعتبارا اكثر مما كان عليه عند المتقدمين

ولذا كانت الهندسة لا تتغير في تطبيقاتها على الصناعات من ادنى فحاش يصنع قعاعا على شكل مخروط قائم مستديرا يقطعه بالانحراف على وضع ماثل اذا اراد تطبيقه على اناء مثلا الى اعلام مهندس يحسب سيرا الاجسام السماوية وشكل المخاريط النظرية التي خواصها الخطوط المنحنية المقطوعة بمركز الكواكب فان الهندسة في ذلك كله واحدة وكذلك السطوح والقطوع والخطوط المنحنية المستعملة في اهل الصنائع واعظم تطبيقات العلوم فانها ايضا واحدة لا تتغير

وقول ان الغرض الاصلى من هذه المقابلات هو تسهيل المسائل التى بدون ذلك يفزع الانسان من مطالعتها لكن يسهل عليه فهمها ان وقف على ما بينها من المناجاة وعلى كيفية اجراءاتها عند جميع الناس حيث انها تستعمل فى اشغال كثيرة نباشر علميتها كل يوم بايدينا او تكون نصب اعيننا فلا مانع ان نقول ان ذلك هو حقيقة الهندسة التى تطبق على العلوم والفنون والجرف

واذا اردنا مع التأمل وامعان النظر منظر السماء فى ليلة صحو رأينا الكواكب التى تزين القبة السماوية لا تمكث ثابتة بالنسبة اليها بل نراها ترتفع على التوالي كالشمس من جهة المشرق آخذة الى الجنوب وتخفض جهة المغرب حتى تختفى الى غد

وكل نجم يرسم فى هذه الحركة دائرة بجميع هذه الدوائر متحدة المحورو هو عين محور الارض ولذا كان يترأى لنا من منظر السماء كأن القبة السماوية لها حركة دوران حول محور الارض

وقد اعتقد كثير من الناس فى قرون عديدة ان جميع الكواكب تدور على الوجه السابق حول الارض التى هى على اعتقاد العامة ثابتة فى مركز الدنيا وبالمهندسة يظهر لنا سر هذا المنظر السماوى وما يبدو فى شأنه من التخييلات

وذلك اننا بعيدون عن الكواكب بحيث ان الاشعة النظرية الصاعدة من اماكن مختلفة من الارض الى كوكب واحد تظهر باجمعها متوازية فاذن يكون منظر السماء واحدا سواء كان الناظر على سطح الارض او فى مركزها فاذا فرضنا ان الناظر فى المركز ان السماء تدور بحركة تامة منتظمة فى ظرف اربع وعشرين ساعة حول محور الدنيا كانت الارض ثابتة واذا فرضنا ان الشمس ثابتة لزم عكس ذلك وهوان الارض تدور حول محور الدنيا وفى هذه الحركة يكون الكوكبان اللذان يترأى انهما ثابتان هما قطبا الدنيا وحيث ان بعد كل كوكب من هذين القطبين لا يتغير فان كل كوكب صاعدا كان اوهابطا بالنسبة

لا فاق عدة نقط مختلفة من الارض يكون دائماً على شعاع نظري يصنع مع الشعاع الذي يتجه نحو القطب ويدل على محور الارض زاوية واحدة فاذن يترأى لسان كل كوكب يتحرك على مخروط واحد من كوكب من الاشعة النظرية ولا تزال جميع الكواكب عند قربها من مخاريطها ثابتة على بعد لها الخاص بها وعليه فيكون منظر السماء واحد الوفرضنا ان الارض ثابتة والسماء متحركة فمن ثم كانت مشاهدة مناظر السماء تعرف بواسطة خاصية سهلة جداً من دوران السطوح والنقط حول محور ثابت فاذا كانت الارض ثابتة فان القبة السماوية تدور حول محور الارض وبالعكس اعني فانه اذا كانت القبة السماوية ثابتة فان الارض تدور على نفسها وسمى عرفنا قواعد الحركة المستديرة رأينا ما استقر عليه رأى المهندسين في شأن السماء والارض

ولست الكرة بمفردها سطح دوران بحيث يمكن تولده بدوران دائرة حول خط مستقيم فاذا فرضنا ان محور السطح المذكور لا يمر بمركز الدائرة فانه يحدث سطح من جنس السطوح التي تسمى بالحلقات لان الحلقات التي تستعمل في الصناعة هي نوع خاص من جنس السطوح المذكورة ومن المعلوم ان سائر مستويات دوائر انصاف النهار تقطع الحلقة في دوائر متساوية كما في (شكل ١٢) وان جميع المستويات المتوازية تقطع ايضا السطح المذكور في دوائر نصف قطرها مختلف

واعلم ان الخواتم التي يلبسها الرجال والنساء في اصابعهم هي في الغالب سطوح مستديرة تسمى بالحلقات

ويستعمل في الفنون حلقات مثل **ا ب ث** كما في (شكل ١٣)

تربعين **هـ د ش** من رزة **هـ د ش ف** السمرة في البلاط او في حائط ليحدث عنها حلقة ثابتة يرتبط فيها حبل

ويستعمل ايضا شكل الحلقة اوجز منها في تزيين العمائر

وقد يكون ربعان من الدائرة وهما **ا ا** و **خ خ** (شكل ١٤) الموجودان في رؤس الاعمدة وقواعد رربعين من السطح الحلقي المتولد من

دوران دائرة حول محور العمود وتكون بسطة ب ب نصف سطح
حلقى مصنوع من دوران الدائرة حول محور العمود المذکور
ويستعمل المعمرجى ايضا السطح الحلقى لصناعة القبة ومن ذلك ما يشاهد
في العمارة الظرفية التى بسوق القمح بباريس من القبة الظرفية التى على
شكل نصف كرة مثل ا ب ث كما فى (شكل ١٥) حولها سطح

حلقى جانباه مركبان من نصف كرتى ا د ه و ث ف غ
وقد تركب الانية المستديرة القديمة التى على هيئة (شكل ١٢) من اجزاء
اسطوانية مثل ا ب و ث ه و ف و و ع ش ومن اجزاء
حلقية ايضا مثل م د و ح غ و رضه و ط ع و س ز
وحين يضع النجار الخراطة حول باب مقنطر مصمت ترسم الاجزاء المستديرة
من حديد قارته سطوحا حلقية

ويكون ناقوس ا ب ث د ه (شكل ١٧) المستعمل للدق
في المعامل والكنائس والمساكن الساذجية سطح دوران مركبا من اجزاء
مخروطية ومن اجزاء حلقية

ثم ان البحارة يستعملون حلقة غير كاملة الاستدارة ويسمون بها بالقشرة
ويافون على هذه الحلقة حبالا يكون مسكنه تجويفها الخارجى وبشد
طرفاه بحيث يتعدن خروج الحلقة منهما ثم يوضع فيها حبل ثان يتحرك فيها
بدون مانع

وقد اجتهد علماء الهيئة زمن اطوبلا في ظواهر زحل وخاتمه الذى يظهر مع
التدريج بهيئات مختلفة مثل ا و ب و ج الخ كما فى (شكل ١١)
ولم يمكنهم الوقوف على حقيقة ذلك لكنهم اذا تجرؤوا في المعارف الهندسية
عرفوا بغاية السهولة ان خاتم زحل الذى تتغير مناظره وهى ا و ب و ج
ويكتنف نارة كرة زحل ونارة يطلها يكون في الحقيقة ثابت الصورة والعظم
وتكنى طريقة المساقط السهلة في ايضاح الخاتم المذکور

والسطح الحلقى الذى يستعمل في الفنون بكثرة هو الطارة فالطارات المستعملة

في البكرات هي اسطوانات مسطحة بالكلية من جهة عرضها ومجوفة من جهة محيطها على هيئة سطح حلقي متولد عن دوران قوس دائرة ويحدث ايضا عن قطع عجلات بعربة مثلى م و م (شكل ١٨) سطح دوران حلقي ويكون جزء هذه العجلات الذي في مركزها مجتمعا وهو ما يسمى بقلب العجلة وهو **أ ب ث د** ويضم سطح الدوران المذكور بانصاف اقطار متساوية البعد عن بعضها الى الحلقة التي تصنعها القطع وتكون القطع المذكورة المتراكبة من اجزاء متساوية مغطاة بجلب من الحديد يتصلب بها اطراف القطع التي هي مسطرة عليها .

وهناك عجلات تكون سائر انصاف الاقطار بالنظر اليها في مستو واحد مثل ر ر ر ر وحينئذ تكون الجلب المتخذة من الحديد عمودية من جميع الجهات على المستوى المذكور ويحدث عنها اسطوانة

وهناك عجلات اخرى تكون انصاف اقطار **ض ض و ض ض** الخ بالنظر اليها متجهة كاضلاع المخروط القائم المستدير والجلب العمودية من جميع الجهات على استقامة انصاف الاقطار المذكورة يحدث عنها في حداثتها سطح مخروط ومن هذا القبيل العجلات المخروطية .

وعند ذكر الخواص الميكانيكية للعجلات نبين ما لنوعى سطوح الدوران المذكورة من المنافع والمضار لاجل نقل الانقال .

وسطح البراميل هو احد سطوح الدوران التي اشتهرت دون غيرها بساذجية تركيبها لما فيها من كبة من الواح رقيقة السمك تسمى دفوا وملتصمة باضلاعها الضيقة جدا بحيث اذا طويت مع الشدة بدوائر متوازية كدوائر **أ ب**

و ا - و ش و ش د كما في (شكل ١٩) وبقيت على ذلك الطى حدث عنها سطح دوران متوازياته هي عين الدوائر وجوانبه هي التكامات الدفوف .

ولاجل غلق سطوح الدوران المذكورة تصنع مستويا مستديرا من الواح اخرى رقيقة جدا تسمى بالقاع ويكون هذا المستوى مفصلا على حسب الاطراف

ومصنوعا على صورة قطع مخروطية ليدخل في حيز مستدير يسمى مدخلا
ويحفر على الوجه الداخل من الدفوف.

ويجب على صانع الدفوف بعد أن يجعل لها سمكا مناسباً أن يضمها من الطرفين
بان يهد وجهها الرقيق على قارة كبيرة ثابتة يقال لها الرندج الكبير
ولا يتوقف هذا العمل الا على مجرد النظر فلذا كان ينشأ عنه عدم الانتظام
الذي يضرب بصناعة البراميل

ويجب علينا ان نتم باستعمال طرق هندسية لجعل للدفوف شكلا كاملا
الانتظام فلنفرض ان كل دف ينشئ بين ثلاث نقاط ثابتة كنقط ا و ب
و ث او اكثر (شكل ٢٠) وان و عبارة عن محور برميل دفه ا ب ث
فيتحصل معنا قارة سلاح تارة يمكن تدويره حول المحور المذکور وتارة
يمكن سيره ورجوعه في مستوى دائرة نصف النهار فاذا قربت القارة
على وجه لائق من دف ا ب ث فالتناصع الوجه الصغير اولاً من اعلاه على
حسب الشكل المطابق لصورة البرميل الجانبية وثانياً بقلب هذا الدف
اي جعل اعلاه اسفله

فاذا صنعت الدفوف بهذه الطريقة كانت صالحة لصناعة سطح دوران مع غاية
الضبط

وقد اسسوا بمقتضى هذه الطريقة فبريئة عظيمة في مدينة غلاسكو
يبلاد ايقوتيا لصناعة البراميل ولا وجود لها الا في فرنسا ايضا
فبريئة يظهر انها نجحت في هذه الصناعة

فاذا اجتمعت سائر الدفوف نشرنا اطرافها بشرط أن يكون سطح القطع
عموديا على المحور ثم نحفر الحز المسمى مدخلا بقارة مشابهة للجنكار وهي آلة
من آلات النجارة لها اضلع مسطحة يوضع على المحيط المرسوم باطراف الدفوف
بمخلاف سلاح القارة الرفيع البارز فانه يكون على قضيب قائم على
بعد كاف من اسفل الضلع المسطح لاجل حفر المدخل ثم تقطع القساغات على

حسب دائرة نصف قطرها يساوي نصف قطر المدخل ومتى تم ذلك بنسط المدفوف من جهة اطرافها حتى يمكن ادخال القاعات في المدخل ثم يرتق البرميل بان نضع دوائر محددة متخذة من الخشب والحديد عوضا عن الدوائر الوقتية المستعملة لصناعة البرميل المذكور.

والبراميل هي اعظم ما يتخذ من الخشب في صيانة المائعات بحيث لا يفقد منها شيء وهذا انما يكون في صورة جودة الخشب واتقان صناعة البراميل.

ومن جملة تنظيم وسق السفن ان يكون فيها مقدار عظيم من البتاني التي تشغل

عدة طبقات مثل **أ ب و ش د ه ف** كفي (شكل ٢١)

وتسمى بالصف الاول والثاني والثالث من طبقات التنظيم ومن الضروري

ان نعرف قبل ذلك ارتفاع هذه الطبقات المذكورة لنعلم المسافة التي تشغلها

براميل النبيذ والماء والعرق وما يشبه ذلك من باطن السفينة المسمى خنبا

وكذلك المسافة التي تبقى لحمل المواد الاخر التي يتم بها وسق السفينة

(ومما ينبغي التنبيه عليه ان البتاني المشار اليها بتلك الحروف وهي **م و د**

و ح المفروض تساويها متلاصقة فاذن تكون مراكزها الثلاثة متباعدة

عن بعضها بمقدار يساوي القطر الاكبر من كل واحدة منها فاذا مددنا في مثلث

م د ح من رأس **د** خطا مستقيما كخط **د ش** عمودا على **م ح**

وقرنا ان **م ش = ش ح = ١** نتج ان **م د = ٢** ثم انه

بمقتضى خاصية مربع وتر الزاوية القائمة ينتج ان **د ش = ١ = م د**

م ش = ٢ = ١ - ٤ = ٣

ويؤخذ من ذلك ان خط **د ش** يساوي تقريبا **٧٣** و **١** الان

مركز **م و ح** يكونان على بعد واحد من الارض مساو لنصف قطر

البتاني **= ١** فاذن يكون مقدار ارتفاع مركز **د** فوق الارض **٧٣**

٢ واذا كانت بقية **د** موضوعة وضعها كما على بقية **ح** كان ارتفاع

مركز **د** فوق الارض مساويا لنصفها القطر ثلاث مرات فاذن يتوفر من

تعشق كل صف من البراميل **٢٧** جزءا من مائة من نصف القطر تقريبا

ومع ان ترتيب (شكل ٢١) يوفر ٢٧ جزءاً من مائة من نصف قطر
الباقى يضع من الانسان مسافة كبيرة وينع هذا الضرر باستعمال
صناديق من الحديد على صورة شكل مكعب توضع فيها مياه السفن وتحفظها
حفظاً جيداً

وقد يصنع في الترسانات البرية والبحرية بواسطة الكلال ودانة الابوس والجب
وغيرها من الدانات الجوفية التي قطرها واحد وعبارها واحد كيمان منتظمة
بمستويات اقصية كما في (شكل ٢٢) ويكون شكل قاعدة هذه الكيمان في العادة
مستطيلاً وتكون صورتها على شكل منشور مثلثي ووجهها متماثلة الوضع
(ولاجل معرفة عدد الكلال التي محتوي عليها كوم يكون على شكل منشور
ناقص منتظم الكوم (شكل ٢٢) نحسب اولاً مقدار الكلال التي في احد
اوجه مثلث \overline{AB} فاذا عددنا مثلاً ما في صف \overline{R} من الكلال وجدناه
يبلغ هذا العدد وهو

$$(1 + 2 + 3 + \dots + R)$$

فنضرب ثلث هذا العدد في مجموع الكلال التي في الصفوف الطرفية وهي
 $\overline{11} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D}$ الدالة على اضلاع المنشور الناقص المنتظم
وهو \overline{AB} \overline{CD} \overline{AC} \overline{BD}

وليكن \overline{F} مثلاً عبارة عن عدد كل صف $\overline{11}$ فيكون كل من صفي
 \overline{B} و \overline{C} محتوي على كل صف \overline{R} اكثر من احتواء
صف $\overline{11}$ عليها فينتد يكون $\overline{11} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D} = 53$

$$+ 2 - R - 2$$

فاذن يكون مقدار مجموع كل الكوم $\frac{1}{6}(1 + 2 + 3 + \dots + R)$
 $\times (3 + 2 - R - 2)$ ومعرفة هذا الحاصل سهلة

فاذا لم يكن في صف $\overline{11}$ الا كلة واحدة فان المنشور يصير هرماً مربعياً
عدد كلاله

$$\frac{1}{6}(1 + 2 + 3 + \dots + R)(2 - R - 2)$$

او $\frac{1}{3}$ (١ + ٢ + ٣ الخ + ر) (٢ + ر + ١) وإذا كان
الكون مثلثيا فان $\overline{11} = \overline{10} = \overline{10} = \overline{10}$ و $\overline{10} = \overline{10}$ فاذن
ينتج ان $\overline{11} + \overline{10} + \overline{10} = \overline{10} + \overline{10} + \overline{10}$
فاذن يكون عدد كل الكون المثلث الذي صفوف كاله ر

$$(1 + 2 + 3 \text{ الخ} + ر) \times \frac{1}{3} = (2 + ر)$$

* (الدرس الثاني عشر) *

* (في بيان السطوح الحزونية) *

ينبغي لنا قبل الشروع في بيان خواص السطوح الحزونية وتطبيقاتها على
الفنون ان نختبر المنحنيات التي يكون بها تركيب هذه السطوح
وذلك بأن نرسم مستطيل $\overline{وش ك}$ (شكل ١) ونقسمه الى قطع متساوية
العرض بواسطة خطوط مستقيمة متوازية مثل $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ث}$
و $\overline{ث د}$ ونمذ خطوط $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ث}$ و $\overline{ث د}$ المائلة
وهلم جرا فتصير تلك الخطوط بالضرورة موازية لبعضها بحيث انها تقطع
متوازيات اخرى مثل $\overline{ا ب} = \overline{ا ت}$ و $\overline{ب ث} = \overline{ب ر}$
و $\overline{ث د} = \overline{ث ز}$ وغير ذلك الى اجزاء متساوية .

ولنفرض الان ان المستطيل المذكور ينثني حتى يصير على صورة شكل
اسطواني يكون احد اضلاعه $\overline{وش}$ ونغلق الاسطوانة بالكلمة بحيث
ينطبق ضلع $\overline{ا ك}$ على $\overline{وش}$ انطباقا تاما فتقع حينئذ نقطة $\overline{ا}$
على نقطة $\overline{و}$ و $\overline{ر}$ على $\overline{ا}$ و $\overline{ث}$ على $\overline{ب}$ و $\overline{د}$ على $\overline{ث}$ وهم
جرا وحيت كانت الاضلاع موازية لضلعي $\overline{وش}$ و $\overline{ا ك}$ كانت معينة
على مستطيل $\overline{وش ك}$ بخطوط $\overline{ح ح}$ و $\overline{ر ض}$ و $\overline{ط ع}$
الخ المستقيمة الموازية لضلعي $\overline{وش}$ و $\overline{ا ك}$ الان هذه الخطوط المستقيمة
المتوازية تقطع على المستطيل مائلات $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ث}$ و $\overline{ث د}$
و $\overline{د ز}$ الخ في زوايا متساوية حيث ان هذه المائلات متوازية وبالجملة
فاذا طبقنا المستطيل على الاسطوانة (شكل ٣) كانت كل زاوية من

الزوايا المتألفة من مائلات ١١ و ب - و ث ث الخ (شكل ١)
ومن اضلاع ح خ و ر ض و ط ع الخ لا تتغير
فحينئذ انضمت مائلات ١١ و ب - الى الاسطوانة في نقط
ا و ر - و ب و ث و ث و د الخ (شكل ١) حدث عنها
منمن يتكون منه مع اضلاع الاسطوانة زاوية واحدة في جميع جهاته
وهذا المنحنى المفرد هو الذي يطلق عليه اسم الخط البرمى او الحارزوى
الاسطوانى

واذا اتى المستطيل بحيث يجرث عنه اسطوانة فاعدها دائرة تحصل الخط
البرمى المستعمل كثير فى الفنون

ولنفرض ان نقطتين يسيران فى زمن واحد من نقطة ش احدهما على
ضلع ش ك من المستطيل (شكل ١) والاخرى على مائل
ش ك ونفرض ايضا ان هاتين النقطتين يمران فى زمن واحد بخط ح خ
اولا وبخط ر ض ثانيا وبخط ط ع ثالثا وهكذا فيحصل
لنا بمقتضى خاصية الخطوط للتناسبة هذا التناسب وهو

ش خ : خ ع :: ش ص : ض ع :: ش ع : ع ع وهكذا

فاذن تبعد النقطة التى تتبع اتجاه مائل ش ش من قاعدة ش ك
يكمايت خ ع و ض ع و ع ع الخ مناسبة للبعد بين ضلع
و ش و اضلاع ح خ و ر ض و ط ع الخ
وبناء على ذلك اذا ادركنا حول الاسطوانة احد اضلاعها كضلع ش و
وكان هناك نقطة سائرة على طول هذا الضلع بحيث تكون المسافات المقطوعة
بالنقطة والضلع المذكورين متناسبة فان النقطة المذكورة ترسم خطا برميا
او حارزويا كالخط المرسوم فى (شكل ٣) فحينئذ يكون الشكل الحارزوى
حادثا من النقطة التى عند دورانها حول المحور تسير فى الجهة الموازية لذلك
المحور بالنسبة للكمية التى تدورها حول المحور المذكور

وبناء على ذلك يمكن للخراط ان يرسم شكلا حلزونيا على اسطوانة بواسطة آلة قاطعة تسير بالتوازي للمحور وبالنسبة للكمية التي تدورها الاسطوانة حول المحور المذ كوروبناء عليه ايضا ينبغي في كل دور من الاسطوانة لاجل رسم الشكل الحلزوني ان تكون آلة الخراط سائرة على طول واحد وهذا الطول المتساوي من جميع جهاته هو المسمى بخطوة الخط البويحي او الحلزوني فاذن تكون مسافة الادوار المختلفة للخط البريحي او الحلزوني المقيسة على كل ضلع ملازمة لحالة واحدة وهي الخطوة الحلزونية .

ولنفرض (شكل ٢) انه بواسطة الطبع او غيره نستخرج صورة من (شكل ١) بمعنى اننا نضع شكلا ثانيا مماثل الاول ونثنيه على اسطوانة (شكل ٤) المساوية لاسطوانة (شكل ٣) فيحدث شكل حلزوني متجه اتجاهها مضاد لاتجاه الشكل الحلزوني المتقدم في (شكل ٣) .

وحلزون (شكل ٣) هو الدائر جهة اليمين وحلزون (شكل ٤) هو الدائر جهة الشمال ومتى كانت الاسطوانتان المتقدمتان متساويتين كما في شكل ٣ و ٤ وكانت خطوة البريعة ملازمة لحالة واحدة فان الحلزون الدائر جهة اليمين يكون مماثلا للحلزون الدائر جهة الشمال .

* (بيان شكل البريعة الحلزوني) *

وعوضا عن ان ندير نقطة واحدة حول المحور يمكن ان ندير بخول هذا المحور اي شكل مستو كمثل (شكل ٥) او مربع (شكل ٦) فعلى ذلك نرسم سطوحا يمكن ان تكون مجوفة او محدبة على اسطوانات يمكن ايضا ان تكون مجوفة او محدبة ويطلق اسم البريمات على المجوفات او المحدبات الحلزونية الشكل المتكونة من دوران مثلث او مربع حول الاسطوانة سواء كان ذلك المثلث او المربع مجوفا او محدبا وهذا المثلث او المربع يسير على طول الخط البريحي مع ملازمته لصورة مولده في وضع واحد بالنسبة لآثار الخط البريحي ولا اتجاه محور الاسطوانة

ويطلق اسم البريعة على اسطوانة **أ ب ث د** (شكل ٥ و ٦) التي تحتوى

على البرمة فوق سطحها المحذب ويطابق ايضا اسم بيت البرمة على الاسطوانة
المجوفة التي لها برمة حلزونية الشكل محفورة في سطحها المجوف
فاذا كان هنالك اسطوانتان قطرها واحد وكان الحلزون المتقدم مرسوما
على محيطهما ورسمنا فيه بعد ذلك مولد البرمة فانه من حيث كون احدهما
معدية والاخرى مجوفة يحدث من ذلك برمة وبينها ويكونان متحدين في البرمة
والخطوة فاذن نقول انه يمكن ادخال البرمة في بيتها بان نجعلها تسير وتدور
في ان واحد بدون ان تترك شأما من الفراغ بينها وبين بيتها وبدون ان ينقص من
حجمها شيء في سائر الجهات

واذا فرضنا اننا نبدأ بادخال طرف البرمة المحذبة من البرمة في طرف البرمة
المجوفة من بيت البرمة فان اسطوانتي البرمة وبينها يكونان منتظمين بحيث
يكون محوراهما على خط مستقيم واحد فاذا تقرر هذا فان احدى
الاسطوانتين متى كانت ثابتة فان الاخرى تدور بحيث تسير كل نقطة من برمتها
بالتوازي للمحور وبالنسبة للكمية التي تدور بمقدارها وعلى حسب النسبة
المعينة بانحناء الخط السريعي المستعمل مولد البرمات فبذلك ترسم الصورة
الجانبيهة من سطح البرمات المحذبة سطح البرمة المجوفة فاذن تكون البرمة المحذبة
تماما في المجوفة من غير ان يكون بينهما فراغ وهذا هو حركة البرمة في بيتها
وقد صنعوا بطريقة هندسية مع الاهتمام بالبريمات المثلثية والمربعية ليتيسر
للتلاميذ ان يفهموا على حقيقة مساقط (شكلي ٥ و ٦) وهذا هو اعظم
ما يترنون به في العمليات الهندسية

وكما انه يوجد نوعان من الحلزونيات احدهما يدور جهة اليمين والاخر جهة
الشمال يوجد ايضا نوعان من البرمة وبينها احدهما يدور جهة اليمين والاخر
جهة الشمال ومن المعلوم انه لا يمكن ادخال البرمة الدائرية جهة اليمين في بيت
البرمة الدائرية جهة الشمال وان البرمة الدائرية جهة الشمال لا يمكن
ادخالها في بيت البرمة الدائرية جهة اليمين
والبريمات استعمال في الفنون غير منقطعة فانها تارة تستعمل لتحويل حركة

مستقيمة الى حركة مستديرة وتارة تستعمل لعكس ذلك كما ستعرفه عند الكلام على الآلات في المجلد الثاني من هذا الكتاب

ولنبيه كافي (شكل ١) على ان خطوة $\overline{أ} = \overline{أ ب}$ الخ من البريمة يمكن ان تكون صغيرة جدا بالنسبة لطول $\overline{ش ك}$ من محيط الاسطوانة وعلى ان مثلث $\overline{ش ك ش}$ يحدث مقياسا مريكا من اجزاء $\overline{خ خ}$

و $\overline{ض ض}$ و $\overline{غ غ}$ الخ التي نسبتها لبعضها $١ :: ٢ :: ٣$ وهلم جرا وهو سلم مشابه للسلم الذي تقدم ذكره في الدرس الخامس (شكل ٥)

فاذا كان محيط القاعدة دالاعلم اجزاء $\overline{ش خ}$ و $\overline{خ ض}$ و $\overline{ض ع}$ الخ المتساوية لزم ان يكون الخطأ البين في هذه الاموال قليلا بالنسبة لارتفاعات $\overline{خ غ}$ و $\overline{ض هـ}$ و $\overline{ع ع}$ وهلم جرا
(بيان اجراء العملية)

قد اكتسبت الصناعة في الخاصة الهندسية المتقدمة مبلغا عظيما بالنظر لتقسيم الخطوط المستقيمة الى اجزاء متساوية تقسيما صحيحا بواسطة البريمة

ولنقسم قاعدة $\overline{أ ب}$ (شكل ٧) الى اجزاء متساوية قسمة صحيحة ونفرض ان خطوة بريمة $\overline{م ن}$ التي محورهما موازي لخط $\overline{أ ب}$ يكون مقداره عشر محيط الاسطوانة المفصل عليها البريمة المذكورة وان مقدار

نصف قطرها القاعدة يبالغ عشر نصف قطر مسطح $\overline{ح خ}$ المستدير المنقسم محيطه الى عدة اجزاء متساوية ونفرض ايضا ان الخطأ الناشئ عن

تقاسيم مسطح $\overline{ح خ}$ يبلغ جزأ من الف من متر وهذا الايتأ في العمليات المضبوطة فيكون محيط مسطح $\overline{ح خ}$ اكبر من خطوة البريمة مائة مرة

وكل دور من ادوار $\overline{ح خ}$ لا يمكن ان يقدم شاخص $\overline{ش ص}$ المجدوب بهذه البريمة ولا يؤخره الا بمقدار خطوة واحدة فاذن لا يكون الخطأ

الحاصل على المسافة التي يقطعها الشاخص الاجزاء من مائة من الخطأ السابق في تقاسيم دائرة $\overline{ح خ}$ فاذا لم يتجاوز الخطأ الحاصل على $\overline{ح خ}$

جزأ من الف من متر فلا يمكن ان يتجاوز الخطأ الحاصل على $\overline{أ ب}$ جزأ من

مائة من ملية راعى انه لا يجاوز طول اقل من الطول الذى يعرف مقداره بمزيد الالتفات وامعان النظر

واذا ادرناد آثرة $\overline{ح خ}$ بحيث يكون الدليل الثابت الذى هو $\overline{ز}$ مقابلا بالتوالى للتقاسيم القريبة جدامن هذه الآثرة $\overline{ا هـ}$ و $\overline{ب د}$ و $\overline{ج هـ}$ فالتقسيم مستقيم $\overline{ا ب}$ الى اجزاء صغيرة جدا بحيث لا يدرك ما بينهما من الاختلاف فى التساوى وقد تكون الآلات المعدة لتفصيل البريمات متناسبة على حسب النسب التى يلزم جعلها بين التقاسيم الطولية لخط $\overline{ا ب}$ وتقاسيم دائرة $\overline{ح خ}$ فربما ينبغي ان نبين للتلاميذة تلك الآلات بيانا شافيا فتقول

تختلف البريمات كثيرا على حسب شكل البرمات فتارة يكون قطع البرمة العمودية على الخزون المولد مثلثا متساوى الاضلاع وتارة يكون مربعا وهذا هو الذى يحدث عنه البريمات ذات البرمة المثلثية (شكل ٥) والبريمات ذات البرمة المربعة (شكل ٦)

ونستعمل البريمات لتقريب القواعد والاسطوانات المتوازية من بعضها اولا بعبادتها بحيث لا يحصل تغير فى توازنها ولنتصور الان بريمتين متساويتين تكون كل واحدة منهما فى طرف اسطوانتين موضوعتين وضعهما منتظما بحيث اذا ادركنا البريمتين يجهلان محورى الاسطوانتين قريبين او بعيدين من بعضهما فاذا ادركنا البريمتين بكمية واحدة فان الاسطوانتين يقربان او يبعدان من بعضهما على حد سواء لكن المسافة المقطوعة بالدليل الثابت فى كل برمة يمكن ان تكون اكبر من خطوة البرمة بمقدار ١٠٠ و ٢٠٠ و ٣٠٠ وحيث نلا يحدث عن المسافة المقطوعة بالدليل لاجل ابعاد الاسطوانتين او تقريهما من بعضهما الا ١٠٠ او ٢٠٠ او ٣٠٠ وهو اقل من الخطوة المذكورة ولعلم من ذلك تنظيم بعد الاسطوانتين مع غاية الضبط ولهذا فى كثير من العمليات اهمية عظيمة تتعلق بالصناعة

ويمكن اجراء عمليات اخرى من هذا القبيل لقياس الاطوال واجوبها مع غاية

الضبط الذي لا يمكن الوصول اليه بمجرد حاسة البصر ويظهر في هذا المعنى من صناعة آلات النظر وعلم الهندسة مأمثلة جمة ناشئة من استعمال بريمات المتجاذب

فاذا كان المطلوب جعل آلة لها ثلاثة ارجل اواربعة بحيث يكون سطحها مستويا فاننا نجعل تحت كل واحدة من هذه الارجل بزيمة تجاذب نديرها مع التدرج عينا او شمالا على حسب انخفاض الآلة اوارتفاعها من جهة احدى هذه الارجل فبذلك تقرب الآلة من الوضع الحقيقي بدرجات دقيقة جدا وبهذا تنقف في المكان اللازم وقوفها فيه مع غاية الضبط وهناك بريمات تجاذب في الآلات ذات الانعكاس تستعمل لاجل وضع المرآة في وضعها الحقيقي وبريمات اخرى لتقريب بعض اجزاء من الآلات من بعض اوالفصلها عنها وغير ذلك

وقد يرى في الامور الطبيعية عدة نباتات سارية على صورة شكل حلزوني ترتفع حول اسطوانة منتصبة كذراع شجرة كبيرة او صغيرة او حول وتد بسيط فترسم شكلا حلزونيا في بعض الاحيان يتفرع عن النبات اغصان طويلة جدا متعلقة بنقط الارتباط المتفرعة هي عنها بواسطة الخياف تنثني على صورة شكل حلزوني وقد يكون في النباتات والاشجار عروق باطنية ملتفة ايضا على صورة شكل حلزوني وهناك عدة نباتات فروعها واوراقها وثمارها خارجة عن الفرع الذي يحملها على حسب اتجاه حلزوني

(بيان اجراء العمليات)

قد يستعمل في للفنون تلك الاشكال الحلزونية الموجودة في النبات اما لاجل ربط الاجسام او ادخالها في بعضها

فمن ذلك ان ارباب الجراحة اذا ارادوا لف عصابات على اعضاء صورتها تقرب من شكل الاسطوانة كالاصابع والسيقان والاذرعة فانهم يلقونها بعصابات يكون اتجاهها حلزونيا ليستروا بالتدرج مسافة من العضو اعرض مما تستره العصابة التي يسهل بعد ذلك امساكها بادي رباط

وسنتكلم تفصيلا على المخارير والمناقب وبريمات فتح السدادات عند الكلام على الخواص الميكانيكية للبريمة والخار بور في المجلد الثاني في مجت شرح الآلات

(بيان الأعمدة الملتفة)

يتراى لسان بعض جذوع الشجرة التي اذا التفت حولها غصن من نبات القسوس التفافا حلزونيا يحدث عنه انضغاط بحيث لا يمكن تجسيم الجذع الا بين ادوار هذا الحلزون ويتشكل بشكل البريمة ذات البرمة المربعة وهذا هو ارنيك الأعمدة الملتفة (شكل ٨) وهي اعمدة غير ساذجية وليس لها مائة الأعمدة العادية وبسبب ذلك لا تعجب الاضعفاء العقول واظرف زينة جديرة بالفنون المستطوفة هي اكاليل الازهار التي تلتف التفافا حلزونيا حول اعمدة منتظمة او حول أبواب خفيفة تلبسها العذارى لاجل الزينة في المواسم والرقص ولترجع الى ما كنا يصدره من العمليات المفيدة فنتعول

(بيان الامبيق الملتوى)

الامبيق هوالة (شكل ٩) مضاهية من حيث شكلها البريمة فتح السدادات لانها محجوفة وغير مصممة وهي حادثة من حركة دائرية يجوب مركزها خطا بريميا ويمكث مستويا عمودا عليه فاذا تصاعد السائل بالتقطير ومر في الملتوى المنغمس في برميل مملوء بالماء فان البخار يتكاثف ويصل الى اسفل الملتوى ويستحيل الى مانع مبرد ثانيا وبهذا الوجه يتكاثف العرق وغيره من الارواح المتحصلة بالتقطير

وقد يصنع كل من صانع الحصر وفناني البرانيط المتخذة من الخوص اسطوانات (شكل ١٠) من الصفائر الضيقة المسطحة التي اذا اتحد سمكها من جميع جهاتها دلت على اوقات ا ب ب و ب ر ث ونحو ذلك (شكل ١) واذا التفت الراكات على طورة محيط الاسطوانة وخيطة بجانب بعضها ضلعا بضلوع فانه يحدث عنها منع الاحكام سطح اسطوانى ويمكن

باستعمال مثل هذه الطريقة ان تصنع ايضا مستويا ومخروطا وكرة بان نشد قليلا احد طرفي الضفيرة ونضيق قليلا الطرف المقابل له

وكما اذا قت الضفيرة ولزم شدتها اذ لا يعجز ارتصيقه قرب السطح المصنوع من الصورة الدقيقة المطلوبة واستكمال صناعة البرانيط الطريقة المتخذة من الخوص ييلاد فلورنسة منحصر في التسوية بين الضفائر في الانساع ومتمانة الضفرو قلة عرضها ودقة الخوص وحسن منظر النسيج المنتظم ويستعمل كثيرا صناعات الآلات اليابلات ذات الشكل الحلزوني التي سنبين ما ينشأ عنها من القوآء عند نكسرهم ونفاخ الاجسام ومن هذا القبيل ياي العربات

وهناك أشخاص يلتفت شعرها طبيعية على شكل حلزوني ومنهم من يجعل شعره ضفائرا ويلفه على اسطوانة حارته غير القطر او يطويه على صورة حلزون ويضعه في غلاف من الورق يسمى ملفا ويحصره بين ماشة من الحديد محجمة فتزيل خزارتها الرطوبة التي تكون في الشعر وتساعد في ارتخائه وتجعله مسترسل على صورة خط مستقيم ويحصل له بسبب الضغط انحناء حلزوني يحفظ تجعيده زمنا طويلا على حسب طبيعته وحالة الجو

والغرض من فن تزيين الرأس وتحسينها المسمى عند العامة بالسبسبة وكذلك فن التصوير في صورة ما انا اريد جمع خصلة شعر على هيئة مستحسنة هو ضم الشعر ووجعله على صورة اشكال حلزونية ثم جعلها ضفائرا وغدا يرتد مع بعضها بحيث يحدث عنها مجموع يلايم ما هو مطلوب من الزينة ويلايم ايضا هيئة الشخص الذي يزين بهذه الكيفية ومن هذا القبيل اغلب زينات اليونان والرومان فان الاشكال الحلزونية موجودة عندهم في هذا المعنى على احسن وجه واتم نظام

وهانحن شارعون في ذكر نوع من الحلزونات اهم من اغلب ما ذكرنا من الامثلة وهو الخيوط والجبال فتقول

قد يصنع لاجل النسيج والحبال خيوط رقيقة او غليظة من التيل والكتان

ومن ليف بعض الاشجار ونحو ذلك ويستعمل لذلك ايضا الشعر النبائى اى
القطن وكذلك الصوف وغيره من شعور الحيوانات
ويلزم قبل صناعة الخيوط ان نجعل خيوط اول مادة متوازية بواسطة
المشط او الشبثة ونقسمها الى اجزاء رفيعة جدا ومتساوية بقدر الامكان
فى الغلظ والطول

(بيان غزل التيل والكتان)

يستعمل فى هذا الغزل اولا المغزل وكيفية ذلك انه بمجرد الخيط يلف على
المغزل ثم يشبك على الشارة التى فى رأس المغزل بطرف القتلة وتبرم الغزاة
طرف المغزل باصبعها برمة قوية فتصل قوة البرم الى جزء الخيط الذى لم يلف على
المغزل وهو جزء تمده الغزاة بان تجذب بيدها اليسرى الخيوط المتوازية من
الركة فتتشكل هذه الخيوط بشكل حلزوى

ولما كان المغزل ابداً جميع آلات الغزل اقاموا مقامه دولاباً بسيطاً
(شكل ١١) فيحركه الغزال بيده او رجلاه فيجبر دفتل الخيط يلتف على
المغزل الذى هو فى الحقيقة مغزل ميكانيكى ويحصل البرم بنفس الدولاب وليس
على الغزال الا جذب الخيوط المتنوعة من الركة ليجعلها منتظمة فى وضع يصلح
لان يحدث عنه خيط متحد الغلظ من جميع جهاته وذلك ان الخيط يلف على
الدولاب المذكور بواسطة اجنحة (شكل ١٢) ذات كلاليب وتكون
هذه الاجنحة ثابتة على محور م د الذى يمر من خلال المغزل او الاسطوانة
المتخذة من الخشب مثل وضه وعليه يلتف الخيط ثم تسير الاسطوانة
بحيث تكمل الدور فى اسرع مما تكمله الاجنحة بمعنى انها تستغرق زمناً
اقل من الاجنحة ولهذا كان الخيط الذى يلتف على الاسطوانة مجذوباً
بالاسطوانة المذكورة ويلتف عليها مع التدرج

ولاجل الوقوف على حقيقة ذلك نرض ان الاسطوانة تحدث خمسة ادوار
كاملة وقت أن تحدث الاجنحة اربعة ادوار فاذاً يلزم ان الخيط يلتف دوراً
كاملاً حين تدور الاسطوانة خمسة ادوار والاجنحة اربعة وهذه الادوار المختلفة

تحدث عن الطارة الكبيرة لدولاب و ا ب (شكل ١١) فيتمثل تكون
نسبة قطري طارقي م د و ح غ لبعضهما كنسبة $\frac{4}{3}$: $\frac{5}{4}$
وكل من حبل ا م د ب و ا ح غ ب المفرد ودين على حلق
الطارتين الصغيرتين والطاردة للكبيبة يقطع مسافة واحدة على حلق ا ب
بخلاف ما اذا دار الحلق فان دولاب م د يدور بخشعة ادوار حين يدور
ح غ اربعة وهذه هي النسبة التي يلزمنا اثباتها وقد خلت قرون عديدة قبل
ان يخترع الناس هذه الآلة التي يوجد فيها ابتدعه المتأخرون ما يفوقها
ويعلو عليها

(بيان غزل الصوف والقطن)

كيفية ذلك ان يصنع اولاً بواسطة الكرديات طرحات متسعة متحدة في العرض
والدقة ثم تمتد فيحدث عنها سابع على شكل الاشرطة الضيقة يستحيل
بواسطة برمة خفيفة الى اسحجة ثم تؤخذ هذه الاسحجة وتبرم باليد او بالآلة على
التدريج بجانب بعضها بحيث يلتف بعضها على بعض كلما دخلت
في الاسطوانة المسماة شلندرا حتى تكون متساوية في البرم بمعنى اننا نبرمها
برما يكون متحد في سائر جهاتها كحجوم الخيوط المبرومة وذلك ليكون الخيط
متساوي الغلظ من سائر جهاته ويحدث عن كل خيط في هذه البرمة المستمرة
شكل حلزوني يسمى عند ارباب هذه الصناعة بالقانوس يكون محوره نفيس
محور الشلندر الذي يرسمه الخيط في نزوله

واما الدولاب العادي المستعمل لغزل القطن فانه يتركب من طارة كبيرة
مثل و ا ب (شكل ١٢) ومن قضيب يعرف عندهم بالمردن له
بكرة صغيرة مثل ث د ومن طرفها متواصل مثل ا ب ث د فيتلقى
هذا المردن الخيط كما يتلقاه الغزل ويمتد الخيط المذكور على هيئة السحيب
في الجزء الذي لم يصل اليه البرم وتضغط الغزاة هذا السحيب على بعد مناسب
من المردن وتدير يدها طارة ا و ب الكبيرة وهي قابضة بالآخرة على
السحيب وتمتد ليعبد عن المردن فان حركة الدوران اذا اوصلت من الدولاب

الى السحب يبرمه فيحدث عنه خيط تكون مباديه مخفية على صورة شكل
حزوني ويتوقف برم هذه الحزونات على حالتين احدها مسرعة طارة **أوب**
السابقة والثانية البطي الذي يمتد به سلب الكاودة ومتى صار جزء من السحب
خيط اغلقه وبرم مناسبان فان الغزالة تعكس دوران الدولاب قليلا ليقل
الحزون المصنوع من الخيط على طرف المردن ثم تضع الخيط المذكور في اتجاه
عمودي على محور المغزل وتدبر الدولاب على عكس الحركة الاولى فيلتف
حينئذ الخيط على المغزل عوضا عن ان يبرم ويكون عليه عدة حلزونات
فيتراى حينئذ ان العملية بالطرقة الميكانيكية هي عين العمليات التي تجري
على مغزل الغزالة البسيط

وقد اقيم مقام برم المغزل عملية ميكانيكية وهي ابداع مظهر من الآلات
الجديدة الصالحة للغزل وكيفية ان توضع الطرحات الخفيفة يدخرونها
من الكاودات بين زوجين من الشندرات المتوازية المرتبة على وجه بحيث
يدور الزوج الاول منها اقل من الزوج الثاني والثالث اقل من الثالث
وهكذا فاذا نمتد الطرحات بين الازواج الثلاثة من الشندرات ثم تقبض
وتكتمش وحينئذ تمر جملة من الشندرات مركبة كالاولى من ثلاثة ازواج
شندرية يبرم ثانيا السلب المتخذ من القطن والصوف ثم يلف على المغزل

فلذا تم ذلك نضع جملة من المغازل على محاور قائمة منتظمة الترتيب على
دولاب يقوم بجميع وظائف الغزالة لانه يسحب الخيط ويبرمه ويلفه على
المغزل ويتحصل السحب المذكور هنا من ثلاثة ازواج من الشندرات مختلفة
السرعة فن ثم يلف الخيط على مغزل ذي جناح كالدولاب العادي وهذا
ما يسمى بالدولاب المتواصل لان المغزل يتحصل عليه بحركة واحدة
مستمرة

واما الدولاب المسمى **حيل يونيه** الذي على هيئة النول الذي تقدم ذكره
في الدرس الثاني فان السحب فيه ليس مقصورا على مجرد سرعة الجليح بل يكون
ايضا على حسب تقريب المغازل التي يلف عليها الخيط وابعادها على

التعاقب من الشلندرات فاذا تابعدت المغازل عنها كانت الخيوط مسحوبة
بمخلاف ما اذا قربت فانها تلتف عليها ويحصل برمهاتى بلغت المغازل نهاية
سيرها

ولادولاب الغزل الغليظ من المغازل ١٠٨ بمخلاف دولاب الغزل الرفيع
فان له ٢١٦ مغزلا يدبرها علم الدولاب ويكون جمعيته مساعدان من
الوصالين لاجل ملاحظتها

فعلى هذا يكفي ثلاثة اشخاص لعمل عدة خيوط كانت قبل ذلك تستدعى
٢١٦ غزاة تغزل بالمغزل او الدولاب ويتحصل كل خيط في اقل مما كان
يستغرقه البرم باصابع الغزاة فهذه هي العائدة العظيمة الناشئة عن عمليات
الهندسة في صناعة حلة خيوط اسطوانية متحدة القطر اتحادا تاما من
الالياف النباتية التي على شكل الحلزون

ويعلم التلامذة هذه العمليات اما باطلاعهم على الدواليب العادية او على
دواليب الغزل التي على هيئة الانوال اذا امكن ذلك

ثم ان الحرير عند تولده من الدودة يكون منثيا بصورة حلزون على سطح دوران
يسمى بجوز القز او على عملية فيه يكون الغرض منها امتداد خيوط جوز القز
المذكور وطيه على مكبة ثم يبرم يسيرا عند طيه على المكبة الثانية فاذا تم على
الخيوط بهذه الطريقة فانها تبرم من جهتها الاولى بحيث ان جميع النقاط التي
كانت قبل البرم على هيئة خط مستقيم فوق سطحها الاسطوانى تصير على
صورة شكل حلزوني ثم تجمع هذه الخيوط منثى وثلاث ورباع مع برمهاتانبا
على عكس البرمة الاولى وبهذه البرمة الثانية ينحل جزء من الاولى وتنثى
الخيوط على صورة شكل حلزوني بجوار بعضها ويسمى الحرير في هذه الحالة
باسم الحرير المبروم

ثم ان العملية التي ذكرناها انما تشبه العملية التي ينبغي اجراؤها في صناعة
الحبال المتخذة من التيل

فبواسطة برمين مختلفين تستد اجزاء كل خيط في جهة حتى ان الخيوط المنثية

على شكل حلزوني تشتد في جهة مخالفة للاولى وينتج عن التعادل الحاصل بين البرمين المذكورين ان الخيوط بانواعها لا تنحل كثيرا عند الضغط عليها بقوة اخرى عارضة ولا يمكن أن يبسط الكلام هنا في هذا الشأن لتعلقه بالعلوم الميكانيكية ومخرجه عن الاصول الهندسية

ويصنع من التيل حبال رقيقة يقال لها فلاصة يبرم كل منها على حدته في جهة واحدة ثم يبرم عدة منها معا في الجهة للمقابلة للاولى لتتكون منها حبال بسيطة تسمى بتوناو بعد ذلك يبرم منها اثنان او ثلاثة او اربعة في الجهة المتعابلة للثانية اعني في نفس الجهة يبرم الحبال الاول الرقيقة لتتكون منها ما يسمى بالكردونه ثم يبرم هذه الكردونات في الجهة الثانية ثلاث او رباع ليصنع منها ما يسمى بالغومنة ثم يبرم هذه الغومينات ثلاث او رباع ايضا ليصنع منها ما يسمى بالغومينات الكبيرة

وتبرم قلوب الغلايين وتصنع من الغومينات وكذلك الرواجع وحبال المنورات الجارية في السفن فانها تصنع من حبال الكردونه

وقد ابتدع الانكليز طرقا دقيقة لطيفة في اجراء عملية قتل الخيط والحبال بواسطة الآب ودواليب وقد نتج عن الانتظام الهندسي الحاصل في حركات هذه الآلات ثمرات عظيمة فان هذه العملية المستكملة يكفي فيها التحصيل القوة الاولى ثلث المواد التي كانت تلزم لغيرها من العمليات السابقة بل واقل من الثلث وهذا على حسب غلظ الحبال ونوعها وما ذكرناه كاف في بيان ما ترتب على تبديل العمليات التي كانت بمحض اليد وكانت ثمرتها انما تحصل بالصدفة والاتفاق بطرق علمية من القوائد المحققة الجسمية والثمرات العظيمة

وعلى ارباب معامل الحبال ان يذولوا جهدهم في مطابقة كتب علمية تتعلق بهذه الطرق الجديدة التي من فوائدها تقليل المصاريف والعمل وحصول ثمرات اتم وانجح مما كان سابقا من سائر الوجوه (راجع الجلد الثاني عند ذكر الآلات

وهذا اوان الكلام على انواع السطوح المعوجة المستعملة كثيرا في العمارات

المدينة والبحرية وكذلك في تركيب الآلات ولا تتعرض من ذلك الالبيان
السطوح الخلزونية المتولدة من حركة خط مستقيم او قوس اى دائرة
كانت

(بيان السطوح الخلزونية المستعملة في السلام)

من السطوح المختلفة المعوجة التي سبق ايضا بحثها في الدرس العاشر
السطوح التي تكون على صورتها السلام المنعطفة الدائرة وهى السطوح
الخلزونية

فقد يكون السطح الخلزوني من السلم الذي دورته مستديرة متكونا من حركة خط
مستقيم افقي مستندا احد طرفيه على محور الدائرة المستعمل حنية للسلم
والطرف الاخر منه مستند على حلزون مرسوم على حسب المحيط الداخلى
من الدائرة

فاذا كان ارتفاع دوج السلم واحدا كان عرضها بالضرورة واحدا متساوى
البعد من المركز فعلى ذلك اذا كان أ ب ث (شكل ١٤) هو الدائرة
الدالة على قاعدة الاسطوانة التي هى حنية السلم فان كل دائرة مرسومة من
مركز واحد كالاولى تقسم الى اجزاء متساوية بالمسقط الافقى لدرج السلام

(بيان السطح الخلزوني لبريمة المهندس ارشميدس)

سطح السلم الخلزوني الذى على هيئة دورة مستديرة هو عين بريمة ارشميدس
وانما سميت بذلك لان هذا المهندس الماهر هو الذى اخترعها وسنبين مع
مزيد الاعتناء العملية التي اجريت في شأن هذه البريمة لرفع المياه عند ذكر آلات
رفع المياه (راجع الجلد الثالث)

وقد انتهزت الفرصة في صناعة بريمات ارشميدس من الخشب وهما هي
الطرق التي استعملتها في ذلك

وحاصلها اني قسمت اولا محيط أ ب ث (شكل ١٩٠) الى عدة اجزاء
متساوية بقدر قطع الخشب التي اردت استعمالها في صناعة دور كامل من
الشكل الخلزوني

ثم قطعت مناشير مربعة فاعدتها و د ث وهي قطاع اندا آرة الدان على احد
الاجزاء المتساوية المصنوعة بالطريقة السابقة على الوجه الاسطوانى الذى
مسقطه الافقى د ث ومددت خطا مستقيما مثلا فى اتجاه الخط البريى
الذى برسمه المقطع الخزوى على اسطوانة ا ب ث د
وقسمت نصف القطر الذى هما و د و و ث الى اجزاء متساوية
وهى د د و د د الخ و ب ث و ث د الخ ثم نشرت بمنشار ثابت
دائما على بعد واحد من تقطى ث و د قطعة الخشب المربعة بحيث
ان خط المنشار ينهى الى نقطة د على القاعدة العليا من القطعة المذكورة
مضى انتهى ذلك الخط الى نقطة ث على القاعدة السفلى وان الخط المذكور
ينهى ايضا الى د و د على القاعدة العليا متى انتهى هذا الخط الى
نقطة ث و ث على القاعدة السفلى فيكون كل من خطى المنشار ضلعا
للمضلع الذى هو محيط المنحنى الخزوى المرسوم على السطح الخزوى المطلوب
تحصيله

وازلت على التوالى الاخشاب الزائدة بفارة رقيقة جدا سلاحها مستدير
وثابتة دائما على وضع افقى ولا تقف الاعلى من المنشار المذكور فى ث د
وعلى الخط القائم فى نقطة و لتصل الى السطح الخزوى الاعلى من بريئة
المهندس ارشيدى

وبعد ذلك وضعت فى جميع الجهات اوجه الالتحام على وجه عمودى
فى و د و و ث مع الوجه الاعلا ثم مددت على اوجه الالتحام
وعلى محيط ث د خطوطا مستقيمة متساوية من اسفل الخطوط التى تحدد
الوجه الاعلى من البريئة الى اعلاها وبذلك امكننى عمل الوجه الاسفل
بواسطة الطرق التى استعملتها فى عمل الوجه الاعلا .

ولذلك هنا على ان المسطرة المثنية بلا قوة على محيط ا ب ث الاسطوانى
بحيث تمر بنقطتى ث و د ترسم بواسطة محيطها قوسا كاملا من الخط

الحزوني ومن البريمي وذلك هو الواسطة في ضبط الطريقة التقريرية التي سبق ذكرها ضبطاً تاماً ولا بد في ذلك من ان ينشر بالمشاركين كثير من الخطوط الاقضية التي تنتهي من جهة عند محور $و$ ومن باخرى عند الخط البريمي المرسوم بالمسطرة المثنية

وينبغي لنا التنبيه على ان الالتحامات المصنوعة على وجه عمودي مع السطح الحزوني هي في حد ذاتها مبادئ السطح الحزوني وعلى ان السطوح الاخيرة ترسم على الاسطوانة ذات القاعدة المستديرة خطوطاً باريمية تقطع الخطوط البريمية التي رسمتها السطوح الاولى الى زاوية واحدة

واذا اريد ان اعلى القطع التي يتركب منها القطعة الحزونية يكون له شكل كشكل السلم لزم ان يبقى الوجه الاعلا وهو $و ش د$ على شكله المستوي الافقي والوجه المستقيم الخارجى وهو $و ك$ على شكله المستوي القائم وهذا اذا اقتصرنا على عمل سطوح الالتحام و سطح السلم الداخلى بالطرق التي ذكرناها (راجع الدرس العاشر)

وفي الغالب عوضا عن ان نصنع سلما من عطفاد اتر درجاته تصل الى حنية $و$ المصنعة (شكل ١٤) نجد درجاته في دائرة $ا ر ش$ (شكل ١٥) التي تدل في صورة ما اذا كانت اقضية على حدود من الخشب او الحجر بارزة من اعلا واسفل كل درجة وهي السلالم المتخذة من البريمات المنيرة

ويستحسن من هذا النوع عدة سلالم مصنوعة مع غاية الضبط في القهاوى الطريقة الموجودة بمدينة باريس وتلك السلالم التي لا مسند لها في الظاهر تدش عقل الناظر بما هي عليه من الثبات والخفة

وهناك سلالم منيرة كما في شكل ١٦ ليست مستديرة الحنيات واياها كانت قاعدة $ا ب ش د$ (سيأتى ما يفيد ان هذا الحرف الموضوع

تحت الدال يدل على ان هذه القاعدة اقضية) من الاسطوانة التي هي حنية السلام ترسم دائماً على محيط هذه الحنية خطاً باريميا وحزونيا يتقدم جهة

محيط **ا ب ث د** تقدما يناسب الكمية التي يرتفع بها ذلك الخط
 على وجه قائم ثم غد من **د** نقطة من هذا المنحنى خطوطا افقية كخط
ا ا و **ب ب** و **ث ث** الخ وعمودية على الاسطوانة التي قاعدتها
ا ب ث د ثم نجعل **ا ا** مساويا **ب ب** ومساويا **ث ث**
 وهلم جرا ونرسم **ا ر ش د** الذي هو خط حلزوني ايضا وهو المحيط
 الداخلي للبريمة المنيرة الحادثة عن السلم ولا تزيد الصعوبة في صناعة كل جزء
 من السطح الحلزوني او السلم ثماني (شكل ١٤ و ١٥)

واذا اريد ان نجعل للسلم صلابة متينة فانه في الغالب عوضا عن ان نرسم السطح
 الاسفل بواسطة خط مستقيم افقي مستند على محور حنية السلم وعلى شكل
 حلزوني مرسوم على طول الحنية رمت **ك ك** عليهما معا فنحدد هذا السطح
 في الغالب بقوس دائرة كما في شكل ١٧ قطرها الخط الافقي المذكور
 الموضوع في مستوق قائم فيحدث عن هذه الكيفية سطح حلزوني ثابت
 القطع من جميع جهاته

وفي بعض الفنون يلزم ان تفصل سطوحا حلزونية الشكل بدرجة على مخروط
 فالساعاتية يضيفون الى الاسطوانة او الملف الذي يحتوى على زنبلك
 الساعات مخروطا مفصلا بهذا الوجه على شكل سلم حلزوني كما في شكل ١٨
 ويلفون سلسلة رفيعة مصنوعة صناعة جيدة من احد طرفيها على
 الاسطوانة بحيث تكون على خط يرمي ومن الطرف الاخر على السلم المخروطي
 فتعادل النسبة المختلفة التي بين قطر الاسطوانة وقطر المخروط في ارتفاعات
 مختلفة نقصان قوة الزنبلك عند حله وبناء على ذلك ينتقل تأثيره بقوة لا تغير
 وسيا في لذلك مزيد توضيح عند الكلام على قواعد الآلات راجع الجلد الثاني
 من هذا الكتاب

* (في بيان تقاطع السطوح) *

اذا تقاطع سطحان فان جملة التحاماتهما المشتركة بينهما تسمى تقاطع السطحين وهو اما خط مستقيم او منحني على حسب شكل السطحين او وضعهما ثم ان الاجسام التي تعينها اجزاء السطوح المناسبة في شكلها ولحجمها تحدث في حدود هذه السطوح خطوطا بارزة او داخلة وهي تقاطع السطوح المذكورة فلذا كانت الاضلاع القائمة من المنشور والهرم التي تفصل الواجه المختلفة فيهما هي تقاطع السطوح الحادثة من الواجهة المذكورة

واما اذا قطع جسم جسمين آخر او كان مغروسا فيه فان جزء سطح الجسم الاول يكون داخلا في الثاني ويكون ذلك الجزء الداخلي منفصلا عن الجزء البارز بخط وهذا الخط ليس الا تقاطع سطح الجسم الاول والثاني

مثلا (شكل ١) قد يكون المنشور أ ب ح د ا ر ش د و م ن ح خ و م د ح غ اللذين يقطع احدهما الآخر خط تقاطع وهو محيط م د ح غ الذي يفصل الجزء البارز من الجزء الداخلي في الجسم الثاني

وفي الهندسة الوصفية من القواعد السهلة ما ينبغي في تعيين المسقط الافقي والمسقط القائم من تقاطع السطوح فينبغي للانسان ان يعتنى بمطالعة تلك القواعد حتى يكون له قدرة على رسم تقاطع جملة من السطوح ولنقتصر في هذا الغرض على ايضاح زبد هذا العلم مبتدئين بذكر تقاطع المستويات فنقول

انه لاجل بيان تقاطع سطحي المسقط اللذين احدهما قائم والاخر افقي نقسم الورقة الى قسمين بخط أ ب الافقي (شكل ٢) فالقسم للذي يكون في اعلاه هذا الخط يدل على المستوى القائم من المسقط والقسم الاسفل يدل على المستوى الافقي منه وهذا المستوى الاخير يكون في العادة مستوى الارض ومن ثم يسمى العامة تقاطع السطحين الذي هو أ ب بخط الارض

ولكي يصير الرسم تاما ينبغي ان تنتهي الورقة ثانيا عموديا فيكون خط **أ ب**
عبارة عن اتجاه الانتشاء وبصير الجزء الاسفل من الورقة اقليبا والجزء الاعلا قائما
ولا اقل من ان يلاحظ الانسان ذلك. هنا ويدركه بدهة حين يرسم على
المستويين المذكورين اجساما معلومة الوضع فن ترى تحت خط الارض
مستوى العمارة وفوقه ارتفاعها مع ابوابها وشبابيكها وهلم جرا ومع كون
الورقة المذكورة التي يرسم عليها المستوى والارتفاع المذكور موضوعة على
طاولة اقلية نفرض ان العمارة مرتفعة وانها قائمة وكذلك في صورة العكس
وهي ان يكون رسم العمارة قائما بان يسم على حائط فان المستوى يكون اقلية
ايضا اذا كانت الاشياء المرسومة عليه روضة صغيرة او بستانا او بنجوا ذلك
وينبغي ان يعاين التسلامذة خفيفة المسقط الافقي والقائم للجحوم والسطوح
والخطوط البسيطة المرسومة فوق خط الارض او تحته ليرسموا ذلك على
مقتضى ما عاينوه

ولاجل تعيين موضع اى نقطة توجد خارج مستوى المسقط تمتد من تلك
النقطة خطين مستقيمين احدهما عمود على المستوى القائم والاخر عمود على
المستوى الافقي ثم تعين وضع موقع هذين العمودين على مستوى المسقط
واذا اردنا اختصار طريقة الرسم وسهولة ادراكها وفرضنا ان نقطة **ح**
هي النقطة الموضوعة في الفراغ المراد رسمها فاننا نكني بنقطة **ح** (شكل ٢)
عن مسقطها القائم بنقطة **ح** عن مسقطها الافقي واعلم ان هذين الحرفين
وهما **ق** و **ن** الموضوعين في اسفل حرف واحد او عدة حروف يدل
احدهما وهو القاف على المسقط القائم والاخر وهو القاء على المسقط
الافقي للنقطة والخطوط والسطوح والجحوم المرسومة اليها عند الرسم بهذين
الحرفين

ولنجز من نقطة **ح** (شكل ٢ و ٢ مكرر) الموضوعة في الفراغ بمستوى

عمودي على خط الارض الذي هو \overline{AB} فيصير بذلك عموديا على مستويي المسقط فيكون حينئذ مشتركا على العمودين النازلين من نقطة \overline{C} احدهما على مستوى المسقط القائم والاخر على مستوى المسقط الافقي فاذا رعاستطيلنا كما في (شكل ٢ مكرر) وكانت اضلاعه هذين العمودين وهما \overline{CH} و \overline{CH} اللذان هما تقاطع المستوي المحتوي عليهما مع

المستوي القائم والمستوي الافقي تحصل معنا $\overline{CH} = \overline{CH}$ و \overline{CH} $= \overline{CH}$ وبالجملة فاذا ادركنا مستوى المسقط الافقي لينطبق على الورقة

المشتملة على المستوي القائم فانه في هذه الحركة لا يزال \overline{CH} و \overline{CH} عمودين على خط تقاطع مستويي المسقط وهو \overline{AM} وحينئذ لاجل ان يكون كل من نقطتي \overline{C} و \overline{C} (شكل ٢) مسقطا قائما ومسقطا

افقيا لنقطة واحدة على التناظر ينبغي ان يكون مستقيم \overline{CH} و \overline{CH}

عمودا على خط الارض المتقدم وهو \overline{AB} ثم ان جزء \overline{CH} من هذا العمود هو البعد بين نقطة \overline{C} والمستوي الافقي وجزء \overline{CH} هو البعد بين نقطة \overline{C} والمستوي القائم

(بيان مسقطي الخط المستقيم)

اذا حدث عن تسلسل عدة نقط خط مستقيم مثل \overline{CH} فان سائر الاعمدة النازلة من النقطة المذكورة على كل من مستويي المسقط يحدث عنها مستوئالت يقطع كلا من المستويين المذكورين في خط مستقيم فاذا كان هناك مسقطان مثل \overline{CH} و \overline{CH} (شكل ٣) لهما بقى مستقيم \overline{CH} فبا اتصال نقطتي \overline{CH} و \overline{CH} بخط مستقيم يحصل

معنا مسقطا الخط المستقيم الذي هو \overline{CH} وهما حادثان عن تقاطع

المستويات

ولاجل رسم مستويا بطريقتي المساقط ينبغي سلوك طريقة اخرى
وحاصلها ان المستوى المطلوب رسمه يقطع كل من مستويي المسقط على حدته
في خط مستقيم ويقطعهما معا في نقطة م (شكل ٤) الموضوع على
خط الارض ويطلق اسم اثرى مستوي ح م ح على تقاطعيه وهما
ح م و م ح بمستويي المسقط

ويكون وضع المستوى محدد التحديدا تاما بوضع خطين مستقيمين يحتوى
عليهما فاذا ن يكون اثر المستوى كافيين في معرفة وضعه

ولنفرض الآن ان المطلوب تحصيل المسقط القائم المشار اليه بجرف ح

(شكل ٤) لنقطة ما كنقطة ح الموضوع على مستوى ح م ح
متى عرفنا المسقط الافقى وهو ح لهذه النقطة فيكون اولا مسقطا ح

و ح لنقطة ح موضوعين ضرورة على خط عمودى على خط الارض

فاذا مددناه ورسمنا من نقطة ح على مستوى ح م ح خطا افقيا
كان موازيا لاثر ح م الافقى فحينئذ يكون مسقطه وهو ح م موازيا

لمسقط ح م الان نقطة م الموضوع على خط الارض وهو ا م ب

لا تتسبب الان نقطة م الموضوع على مستوى المسقط القائم فاذا ن يكون

خط م م العمودى على ا ب محتويا على نقطة م التى مسقطها

الافقى م وهذه النقطة موضوعة على اثر م ح فاذا ن تكون فى نقطة

م فاذا مددنا خط م ح موازيا لخط ا م ب فانه يبين على المستوى

القائم مسقط م ح وحينئذ يكون المسقط القائم من نقطة ح موجودا

فى آن واحد على م ح وعلى ح ح فاذا ن يكون فى نقطة ح التى

هي تقاطع الخطين المستقيمين المذكورين وبناء على ذلك تكون نقطة $ح$

هي المسقط القائم من نقطة مسقطها الافقي $ج$

فان افترضنا ان اثار $م ح$ و $م خ$ و $ض ر$ و $ض ط$ للمستويين
(شكل ٥) معلومة وكان المطلوب معرفة تقاطع المستويين المذكورين
نقول اولاً حيث ان نقطة $د$ مشتركة بين الاثرين القائمين فانها تنتسب

للتقاطع المذكور وحيث انها موضوعة على المستوى القائم فانها تسقط
في نقطة $د$ على خط الارض الذي هو $ا ب ج$ وثانياً حيث ان نقطة $هـ$

مشتركة بين الاثرين الاقيين فانها تنتسب لتقاطع المستويين المذكورين
وحيث انها موضوعة على المستوى الافقي فان مسقطها القائم وهو $هـ$

يكون موضوعاً على خط الارض المذكور فحصل حينئذ نقطتان للخط
المستقيم الذي يتقاطع فيه المستويان المذكوران وهما اولاً نقطة

$د$ وثانياً نقطة $هـ$ وبناء على ذلك يكون مسقطا الخط
المستقيم الذي ينسب اليه النقطتان المذكورتان هما مستقيماً $د هـ$

و هذا هو خط التقاطع المطلوب

* (بيان مسقطي كثير الاضلاع) *

يكون مسقطا كثير الاضلاع $ا ب ث د هـ$ (شكل ٦) المحدود
بخطوط مستقيمة مضاعين عدداً اضلاعهم او احدى هـما $ا ب$ و $ب ث$ و $ث د$ و

$د هـ$ اللذان رأساهما المتقابلان موضوعان على خطوط $ا ا$
و $ب ب$ و $ث ث$ و $د د$ و $هـ هـ$ الخ القائمة

وحيث ان تقاطع المستويين يكون دائماً خطاً مستقيماً مسقطاه مستقيمان
ايضاً ينتج ان الجسم المحدود باوجهه مستوية يكون كذلك محدد باضلاع

العمارة التي ليست مركبة من عدة خطوط منحنية
مثلا يرسم النجار مع الدقة سائر اجزاء اخشاب الارضية والسقف المستوي
فيحصل عنده بواسطة القبول والقطوع اشكال وابعاد كل قطعة من
الخشب مثل الكتلة والبرطوم والمربوعة ونحو ذلك وتكون هذه القطع محددة
بأوجه مستوية وباضلاع مستقيمة ويرسم مساقط الاضلاع المذكورة
فتتلاقح القطع المختلفة المذكورة ببعضها وتكون الخطوط الدالة على وضع
التلاصق هي تقاطع الوجة المستوية من قطع الخشب المتكئة ثم يحدد
التقاطعات المذكورة بواسطة الطرق السهلة التي ذكرناها آنفاً وحيث ان اوجه
قطع التخشيب كلها ليست قائمة الزوايا الزاوية ان يقيس الزوايا المتألفة من الوجة
المختلفة من قطعة واحدة والوجة المتناظرة من عدة قطع متلاصقة ويبحث
عن ايجاد كل وجه من هذه القطع وطوله وعرضه

فإذا سلكت النجار الماهر على هذا المنوال من غير ان يتردد فيه فإنه يصل
بواسطة المساقط والقطوع الى تحديد جميع الاجزاء المستقيمة من تخشيب
اي عمارة كانت

ومن هنا يعلم ان النجار الماهر الذي يرسم مع الفطنة والدقة كل قطعة من قطع
التخشيبات ويرسم مجموعها له دائرة واسعة في المعارف الهندسية وليس بلام
ان يسمى الخطوط والسطوح والجسمات بالاسماء المصطلح عليها عند
المهندسين المقررة في كتبهم بل يكفي ان تكون القواعد العلمية على حالة واحدة
بدون اعتبار الاصطلاحات الطارئة في شأنها فان العلم اذا تعاطاه الناس
باللغة الدارجة بينهم لا تقل بذلك منفعة ولا ينقص قدره

ويمكن ان نطبق المحووظات التي ذكرناها في شأن معارف النجار على معارف
نحات الاجراف فقول انه يلزم لنحات الاجار ان يجهز الاجار الاصلية التي تتركب
منها العمارة المراد انشاؤها مع الضبط على اي شكل كان بحيث يتفصل عن تلك
الاجار اذا وضعت متلاصقة وبعضها فوق بعض مع الانتظام التام واثباته
والصلابة الاشكال التي عينها المعمرجو بمستوياتها وارتفاعاتها وعند انتهاء

المساقط الافقية والقائمة يقسم الجدران بعدة مستويات قاطعة فيكون حينئذ شكل ايجار الدستور محددًا اولًا بالاوجه الخارجية والداخلية للجدران وثانيًا بالمستويات القاطعة التي يعلق عليها اسم مستويات الالتحام لانه بحسب هذه المستويات تلتحم الاجار المذكورة ببعضها

ويسهل رسم ايجار الدستور والمعدة للاسوار المنتصبة العادية حيث انها على هيئة اشكال متوازية السطوح اوجهم بالانتماء عمودية واضلاعها المتقابلة متوازية لكن اذا كان في الجدران ميل وحدث عنهما زوايا غير قائمة لزم ان يكون فتح الاجار على صورة اشكال ادق واصعب من الاولى وان تحدد الزوايا التي تحدث عن الاوجه المائلة مع الاوجه الافقية وكذلك زوايا الاضلاع التي على استقامة السور تحدد مع الاضلاع التي على اتجاه السور الملائق له وهكذا ويلزم في الغالب ان اعلا الابواب والشبابيك وان كان مستويا يكون مصنوعا من عدة اجار متلاصقة اعلاها اعرض من اسفلها لتلافي فنيها ثقلها الى السقوط ويلزم ايضا بعد ذلك تحديد زوايا اضلاع الاجار واوجهم وابعادها وغير ذلك وتحل هذه المسائل بطرق تقاطع السطوح

ويلزم ان نعلم التلامذة المعدن لبناء العمارات وهندسة الابنية ورسمها قطع ارانيك القباب والابواب والشبابيك والسلام وغير ذلك من الحصر على ابعاد مناسبة بان يجعلوا لكل حجر من الاشكال ما يلائمه ويحددوا التحام كل حجر واضلاعه على وجه هندسي وهذا هو غاية ما يمكن ان نوصي به من يمارس هذه العملية ومن المرغوب انه عند تعليمها تنظم الخطوط المراد قطعها على حسب تنظيم السطوح المستوية والاسطوانية والمخروطية والمنتشرة والمعوجة والدورانية وغير ذلك من السطوح التي استحسن وضعها في هذا الكتاب ويلزم ايضا تعليمهم كيفية قطع ارانيك التجارة النقية وغيرها كتعليمهم ارانيك قطع الاجار وبهذه الطريقة يصير التعليم كثير الافادة واميرع من غيره.

(بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات) *

(مع السطوح المنحنية) *

سأني الكلام على هذه السطوح في مجتها وانما تكلم هنا بالترتيب على تقاطع الخط المستقيم والمستوى مع السطوح الاسطوانية والمخروطية والمنثشرة والمعوجة وسطوح الدوران وغير ذلك فنقول .

* (بيان كيفية رسم مسقطي الاسطوانة) *

لاجل تحصيل هذين المسقطين يرسم على احدى مستويي المسقط كالاستوى الافقي مثلاً اثر الاسطوانة المذكورة اى تقاطعها مع المستوى المذكور ولا يخفى انه اذا كانت جميع اضلاع الاسطوانة متوازية تكون مساقطها بالضرورة متوازية فبمجرد تحديد اتجاه \overline{AB} و \overline{CD} مسقطي

اى ضلع كان (شكل ٩) ينتج لنا اتجاه مساقط الاضلاع الاخرى ويكتفى عادة في رسم المسقط الافقي والمسقط القائم ببيان الاضلاع المنطوقة وهي

ا ا هـ و و ب و د و و

* (بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى) *

اذا علم اثر المستوى ومسقط الخط المستقيم علمت كيفية تحديد تقاطع الخط المستقيم المستوى واذا اجريت العملية في شأن الإضلاع المختلفة من الاسطوانة حدث عن كل ضلع نقطة التقاطع التى تسقط على وجه افقي ومنصب ويتألف عن مجموع هذه النقاط خط ممحّن افقي وخط منحن قائم وهما مسقطا خط التقاطع المطلوب .

واما عمليات الفنون فالغالب فيها ان يرسم التقاطع على نفس السطوح بوضعها في مقابلة بعضها ولنفرض ان تكون الاسطوانة (شكل ١٠) انبوبة وجق شكلها اسطوانى وان يكون المستوى لوحاً من صفائح الحديد تقطعه الانبوبة فنضع تلك الانبوبة في نفس الاتجاه الذى يلزم لها ولكن نؤخرها على قدر الكفاية حتى لاتمس المستوى الذى تقطعه وبعد ذلك نأخذ مسطرة ونجعلها مقابلة للاسطوانة على حسب اتجاه اضلاع هذا السطح ثم نقدمها او نؤخرها حتى يمس احد طرفيها لوح الصفيح وبالجمله فحين لكل

من اوضاع هذه المسطرة اتصاله بالالواح المذكورة فيكون مجموع النقاط المعينة على هذا الوجه هو منحنى تقاطع السطحين اى الانبوبة ولوح الصفيح ولنفرض انه يؤخذ على المسطرة طول ثابت مناسب ابتداءً من الطرف الذى يسر دائما لوح الصفيح ونعين نقطة اخرى على الاسطوانة او الانبوبة مقابلة للطرف المذكور فيحدث عن تسلسل النقاط الجديدة المرسومة بهذه الكيفية خط منحنى وهو خط تقاطع الاسطوانة مع المستوى ولننقل مع التوازي لوح الصفيح او الاسطوانة فينتطبق بمقتضى تساوى المتوازيات الموجودة بين خطين متوازيين المنحنيين المرسومين احدهما على المستوى والاخر على الاسطوانة على بعضهما نطبا كما يات ويمتزجان معا وبعد رسم هذين المنحنيين تقطع بحسب محيطيهما الاسطوانة والمستوى او هما معا على حسب الغرض المقصود من هذه السطوح

وهذه الكيفية ارجح من غيرها لضبطها وصحتها مهما كان شكل الاسطوانة ولو كان لوح الصفيح على شكل منحنى عوضا عن ان يكون على شكل مستو

(بيان اجراء العملية فى انشاء السفن)

يستعمل النجارون هذه الكيفية فى رسم منحنى تقاطع سطح مقدم السفينة وسطح طبقاتها مع سطح الصواري وفى ثقب بكرات الصاري

(بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانات مع الظلال)

اذا قطع السطح المحدد باضلاع متينة اشعة ضوء الشمس ومد من كل نقطة من محيط هذا السطح خط مواز لاشعة الشمسية حدثت عن جميع المتوازيات اسطوانة تفصل خلف السطح المذكور الجزء المظلل من الجزء المضى فاذا كان خلف الاسطوانة جسم حال تمامه فى هذا الظل فان الشمس تكون مخفية بالكلية ومعجوبة بالسطح الذى يحصل عنه الظل بخلاف ما اذا كان جزء فقط من هذا الجسم فى الظل واريد تحديد تقاطع سطح الجسم مع الاسطوانة فان المضى المحدد بهذا الوجه يفصل على الجسم الجزء المظلل من الجزء المضى وبذلك

يتحصل معنا خط انفصال الظل والضوء على الجسم المظلم بواسطة منحني تقاطع سطح هذا الجسم مع الاسطوانة التي تعين في الفراغ حشد الاشعة الشمسية المحبوبة بالسطح المظلم

ولناخذ مسطرة ونجعلها موازية دائماً للاشعة الشمسية ثم نضعها من احدى جهتيها على السطح الذي يحصل عنه الظل ومن الاخرى على الجسم المضيء جزؤه في رسم كل وضع من المسطرة نقطة على الجسم المتقدم ويصير اجتماع النقط المرسومة على هذا الوجه هو خط انفصال بين الظل والضوء

ولا بد ان يكون للرسمين والمصورين والنحاتين في المام تام بالاسطوانات التي يخرج منها ظلال الاجسام ومما لا بد منه ايضا ان يعينوا بواسطة طرق مساقط السطوح وتقاطعها صورة ظلال عدة اجسام مختلفة الوضع والصورة على اجسام اخر متنوعة الصور والاقوضاع فذلك يكسبون عملية مضبوطة صحيحة في شأن تأثير ضوء الشمس الخاص بشكل الظلال ومعرفتهم لهذه العملية تمنعهم غالباً من الوقوع في الخطا الفاحش الذي يمكنهم اجتنابه اذا كان لهم ادنى المام بالهندسة التي لها دخل في فنونهم

ويلزم ضبط الظلال لاسيما في رسم البناء الذي يكون فيه لسان الاجسام المرسومة كالاسوار والاعمدة والقبب والقبوات اشكال هندسية دقيقة فيلزم اذن للمعمرجي الذي يريد رسم ظل مستوياته ليعرف تأثير الظل والضوء اللذين يحدثان عن مبانيه ان يتعود على تحديد سائر الظلال مع الدقة التامة

ونفرض في رسم العمارات ورسم الآلات ان الاشعة الشمسية تكون مائلة بمقدار ٤٥ عند نزولها من اليسار الى اليمين ومتى رسمت الاجسام بالخط دون البوية عيننا بشرطات غليظة المحيطات المتصلة بالاوجه للموضوعة في الظل وعينا ايضا بشرطات رفيعة المحيطات الفاصلة بين الواجه المضيئة وهذه الاشارة تكفي في التمييز بين هذه الاشكال الهدهدة والمجوفة ولولاها لالتبست ببعضها عند رؤية رسمها بالخط

فلذا كان مجرد اختبار الاضلاع المظلة والاضلاع المضئنة (شكل ١١)
يدرك ان في **ا ب ث د** بروازا محمد با وفي **ا ر ش د** بروازا مجوفا
ومما لا بد منه للتلاميذة الذين يرسمون العمارات والآلات ان يتعودوا مع
النشاط على تبين الخطوط الرفيعة والخطوط الغليظة لانه عند امتزاجها
ببعضها تلبس الاشكال المحدبة بالاشكال المجوفة وبالعكس

*** (بيان اجراء العملية في علم المنظر) ***

اذا اريد رسم ظل عمارة من بعيد فانه ينبغي تعيين نقطة اجتماع سائر الاشعة
المتوازية بمقتضى الطريقة العامة المذكورة في الدرس التاسع المتعلقة بنقط
الاجتماع فبمجرد ما يتحصل معنى منظر اى نقطة ينتج بوصول تلك النقطة على
اللوحة بنقطة اجتماع الاشعة الشمسية منظر الشعاع المار بالنقطة المفروضة
واذا كانت النقطة المذكورة مظلمة فانه ينتج منظر ظلها وقد يكون ظل الخط
المخفى المنظور من بعيد جملة خطوط مستقيمة تنتهى كلها بنقط الاجتماع
كاضلاع المخروط

*** (بيان تقاطع المخروط والمستوى) ***

هذه التقاطعات المهمة بالقطوع المخروطية لها في صورة ما اذا كان المخروط
مستديرا او مائلا او قائما اهمية عظيمة جدا في العلوم والفنون ولها في الهندسة
مبحث مستقل مهم كبحث المثلثات ويعتبر كانه سلم يتوصل به من مبادئ
الهندسة الى مطولاتها

ولا يليق بهذا المبحث ان نتعرض لبسط الكلام على اصول اشكال القطوع
المخروطية وتطبيقاتها الاصولية وانما نسلك في ذلك مسلك الاجازة فنقول
نعين المساقط الافقية والقائمة لتقاطع المخروط بالمستوى كما فعل ذلك
في الاسطوانة وذلك بان نعين المسقط الافقى والقائم لتقاطع هذا المستوى بكل
ضلع من اضلاع المخروط فيكون المخفى المار بالنقط المعينة بهذه الكيفية في حال
وضعه على مستويات المساقط هو المسقط المطلوب تحصيله
ولناخذ المخروط البسيط المنتظم وهو المخروط القائم المستدير كما في

(شكل ١٢)

(شكل ١٢) فتكون جميع خطوط تقاطعه بمستويات موازية للقاعدة
دوائر كقاعدة المذكورة وقد تكلمنا في الدرس الثالث على خواص الدائرة
ومحيطها ولم يبق علينا الا القطع الناقص والقطع المكافئ والقطع الزائد
ولنتكلم عليها على هذا الترتيب فنقول .

(بيان القطع الناقص)

اذا قطعنا المخروط بمستوى ح خ (شكل ١٢) المائل على المحور
وكان هذا المستوى قاطعا لاسطرلاع المخروط فان القطع المخروطي الحادث
بهذه الكيفية يكون قطعانا قاصا وهو خط منحن متجهل ببعضه من سائر جهاته
بحيث لا يرى فيه انفراج وهالك خواص القطع الناقص الالامية

وحاصلها ان هذا الشكل له مركز في نقطة و (شكل ١٣) ومحوران
مثل أ ب و ث د يتقاطعان في زاوية قائمة وكل خط مثل
ض و ط ممتد من مركز و ومنته الى محيط القطع الناقص يكون
منقسما بالمركز المذكور الى قسمين متساويين وهو قطر يقسم ايضا القطع
الناقص الى قسمين يمكن انطباق احدهما على الآخر بقلب هذا القطر طرفا
على طرف

وكل من المحورين المذكورين يقسم القطع الناقص الى قسمين متماثلين وكل
خط مثل م ح ن عمود على احد المحورين وهو أ ب يكون منقسما
بهذا المحور الى قسمين متساويين مثل ج م و ح ن وبناء على ذلك
اذا ادركنا نصف القطع الناقص وهو أ ث ب حول أ ب الذي هو
بمجرد المحور فان سائر نقط محيط أ ث ب تنطبق مباشرة على نقط محيط

أ د ب

واذا كان مركز القطع الناقص عين مركز الدائرة التي قطرها محور أ ب
فانه بامتداد خطي و د و ج ن على الدائرة الى نقطتي د و و
يتحصل معنا هذا التناسب وهو و د :: ج ن :: ح ن :: ح و
وهذا بالنظر للخطوط الثلاثة المستقيمة وهي ح ن د الموازية لمحور

ث و د ومن ثم يمكن ان يعتبر القطع الناقص بالتظير لجهة من جهاته كانه دائرة مفرطة ومنبسطة مستوية بالنظر لجميع اجزائها

واما في صورة العكس وهي ما اذا رسمنا دائرة مثل ث د (شكل ١٣ مكرر) على المحور الصغير وهو ث د المعتبر كانه قطر فانه

يتحصل معنا التناسيب الاتي بالنظر لكل خط مستقيم مثل خط ف با ع العمودي على محور ث د المنتهي في نقطة ع بالدائرة وفي نقطة غ

بالقطع الناقص وهو و ث : و ب : ف غ : ف غ وحيث يمكن اعتبار القطع الناقص كانه دائرة يضاوية ممتدة امتدادا متناسبا

في سائر اجزائها

واذا رسمنا دائرة على مستو مائل مرموز له بمستقيم ا ب (شكل: ١٤) كان المطلوب معرفة مسقطها على المستوى الافقي

فنفرض ان ا ر هو مسقط قطر ا ب الذي هو ا ك ثم ميلان غيره وحيث ان نقطة و هي مسقط مركز و فاذا مد ث و عمودا على

ا ر وجعلنا و ث = و ث = نصف قطر الدائرة فان منحنى ا ر ث ي يصير مسقط الدائرة المذكورة وبذلك يكون قطعنا انا وذلك اننا

انما مددنا عمودا مثل م ن على قطر الدائرة الذي هو ا ب المرسومة على مستوى ا ب فان خط م ن الافقي يكون في مستوى الدائرة

وبناء عليه يكون مساويا لمسقطها الذي هو م د ولذا يكون قرب اعمدة م د البسيطة من المحور الاكبر الذي هو ث و اكثر من قرب اعمدة

م د من قطر ث و كنسبة و م الى و م فاذا يكون مسقط الدائرة المذكورة ليس الا دائرة منبسطة ممتدة بالتناسب في جميع اجزائها

وهي كناية عن القطع الناقص

فعلى ذلك كل دائرة رسمت على مستو غير مواز لها يكون مسقطها قطعنا ناقصا ويكون المحور الاكبر من هذا القطع مساويا لقطر الدائرة المذكورة

ولما كانت خواص القطع الناقص كثيرة جدا بحيث لا يمكن بسط الكلام

عليها اقتصر نامنها هنا على خاصية نذكرها لك لاهميتها وكثرة مسد خيلتها في العمليات فنقول .

اذا عينا نقطتين ثابتتين مثل F و F' (شكل ١٥) بوترين او شخصين ور بطنا فيهما خيطا اطول من مسافة FF' ثم شدنا هذا الخيط بآلة ترسم فيستقدم تارة الى جهة F وتارة الى جهة F' حدث عن ذلك خط منحني يسمى قطعا ناقصا ويقال له ايضا قطع البستاقية الناقص لانهم يسمون القطوع الناقصة الموجودة ببساتينهم على هذه الكيفية ومن خواص القطع الناقص الشهيرة جدا انه في كل نقطة من نقطه كالنقطة المرموز اليها بحرف T يحدث عن جزئي FT و $F'T$ المستقيمة المركب منهما الحبل في نقطة T زلوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او مماسه وهو PT .

(بيان اجراء العملية في علم الضوء)

قد افادتنا التجربة ان كل شعاع من اشعة الضوء كشعاع FT الذي يمر خطا مستقيما واسطح ATB يكون له اتجاه مثل BT وبعبارة انه يتعكس على حسب BT بحيث يحدث عن الشعاعين اللذين هما FT و BT زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او السطح فاذن اذا عكس القطع الناقص الضوء كما انعكسه المرآة المستوية فانه يكون لكل شعاع مضيء مثل FT خارج من نقطة F عند انعكاسه اتجاه BT المار بنقطة T

وكل نقطتين مثل F و F' يسميان بالبورتين فعلى ذلك جميع الاشعة المضئية الخارجة من احدى البورتين والمنعكسة بحيط القطع الناقص تمر بالبورة الثانية

(بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاس الصوت)

ينتشر الصوت ويتجه اتجاها مستقيما كاتجاه الضوء واتساره ثم ينعكس انعكاسا مستقيما ايضا بحيث تساوى زاوية الانعكاس زاوية السقوط

المعتزلة فعلى ذلك اذا كان محيط القطع الناقص مرسوما بحيث يعكس الصوت فان سائر الاصوات الخارجة من بورة ف تنعكس عندهم ورها بالبورة الثانية وهى ف التى تصير صدى ف

وهناك محال بنيت على صورة القطع الناقص (شكل ١٥) قطهر منها بواسطة التجربة صحة ما قررناه فى هذا المبحث فان الانسان اذا خفض صوته وهو فى البورة التى هى ف بحيث لا يسمعه اقرب منه بان كان فى نقطة و ملاحظت مع ذلك عن تأثير صدى صوته المنخفض الصادر عنه فى نقطة

ف صيرورة هذا الكلام واضحا مفهوما فى البورة الثانية وهى ف ولا بأس بان نذكر هنا علمية تتعلق بخامة الصوت وان كانت محزنة تتأثر منها النفس وحاصلها اننا سالا رافة عندهم بنوا سجوننا لا يمكن لمن سجن بها وكبل بسلاسل الحديد فى بورة ف ان ينفقه بكلمة واحدة الا وتسمع فى البورة الثانية وهى ف من القبة التى على هيئة القطع الناقص المنفصلة من ف بجاذب يمنع المسجون ان يرى السجنان المتكفل بملاحظته ومراقبته

وقد تقطع النجوم السيارة حول الشمس خطوطا منحنية وهى قطوع ناقصة احدى نقطتي احتراقها مركز الشمس وقد مضى على علماء الهيئة والمهندسة ثلاثون قرنا وهم يمارسون فنونهم حتى ادر كوا حقيقة هذه التجربة التى بها اتسعت دائرة علم الهيئة عند المتأخرين

فاذا ادركنا القطع الناقص حول محور كبير مثل ا ف ب يمر بنقطتي الاحتراق حدث عن ذلك سطح دوران توجد فيه هذه الخاصية وهى ان كل شعاع مضى ذى صدى مثل ث ف خارج من نقطة الاحتراق وهى ف يكون فى انعكاسه على خط مستقيم يمر بنقطة الاحتراق الثانية وهى ف

وكما انه يمكن بواسطة النظرة البصرية المستطيلة او المفردة المسطحة بالنظر لجميع اجزاء نقطتها ان ترسم سائر القطوع الناقصة يمكن بواسطة الجسم الناقص الدائري المرسوم بدوران القطع الناقص حول احد محوريه ان ترسم

سطوحاً مجسمة ناقصة يضاوية مستطيلة أو مسطحة وهذه الطريقة تكفي في هذا المقام ولا حاجة فيه إلى الاطناب وبسط الكلام
وهنا الطريقة أخرى في رسم القطوع الناقصة بحركة مستمرة كان يستعملها
أرباب الصنائع غالباً وذلك أنه إذا كان $\overline{أوب}$ و $\overline{ثود}$ هما
المحوران (شكل ١٦) ومددنا مستقيم $\overline{منج} = \overline{وا}$ واخذنا
عليه $\overline{حن} = \overline{وث}$ وبقيت نقطة $\overline{م}$ ماكنة دائمة على المحور
الاصغر الممتدة على قدر الحاجة وبقيت نقطة $\overline{ن}$ على المحور الاكبر فتقدم
هذا الخط المستقيم أو تأخره في جميع اوضاعه الممكنة ترسم نهايته وهي $\overline{ح}$
القطع الناقص وهو $\overline{أبثد}$

وقد صنعوا بموجب هذه الطريقة آلات لرسم القطع الناقص بحركة مستمرة
وهي في الحقيقة بيكرات على هيئة قطع ناقص
وقد بينا في قائمة الآلات المخترعة كيفية الرسم بهذه البيكرات لسطح مجسم
قطع ناقص أي ما كان بواسطة حركة مستمرة وخط مسبقاً نقطة الثلاثة المعلومة
تمكنت دائماً على ثلاثة مستويات ثابتة حين ترسم النقطة الرابعة بتقدمها
أو تأخرها في جميع الجهات سطح مجسم القطع الناقص وتشتغل هذه الطريقة
في اخذ صورة الاجسام وفي الاشغال التي يقتضيها بناء القبوات التي على صورة
القطوع الناقصة

* (بيان القطع المكافئ) *

يكون القطع المكافئ (شكل ١٧) مرسوماً على مخروط $\overline{أب}$ و $\overline{را}$
بواسطة مستوي $\overline{ح ر}$ الموازي لأحد اضلاع المخروط المذكور وهذا القطع
هو خط منحن كخط $\overline{م د ح}$ مغلق من جهة ومفتوح من أخرى ويمتد إلى
ما لا نهاية وفرعاه هما $\overline{د م}$ و $\overline{د ح}$ آخذان في الانفراج على التدرج
وليس للقطع المكافئ الذي هو $\overline{منج}$ (شكل ١٨) الرأس واحد
وهو $\overline{ن}$ ومحور واحد وهو $\overline{ن ل}$ يكون فرعاً للقطع وهما $\overline{من}$
و $\overline{ن ح}$ بالنسبة اليه متماثلين ولهذا القطع أيضاً بوزة وهي $\overline{ف}$

وانحد المحور بكمية ككمية $ن غ = ن ف$ التي هي بعد المسافة
 بين بورة القطع المكافئ ورأسه وعند ايضا من نقطة $غ$ مستقيم $س ص$
 عمودا على هذا المحور فاذا اردنا الشعاع المنعكس وهو $ك$ الى
 نقطة $ش$ على $س ص$ كانت نقطة $ع$ التي هي من القطع
 المكافئ على بعد واحد من البورة ومن خط $س ص$ وحينئذ
 $ف$ يساوي $ش$ فاذا اتينا بمسطرة مثلثية مثل
 $ه ش$ ومررنا بها على طول $س ص$ واتينا ايضا بجبل نربطه
 بالزاوية القائمة وهي $ش$ ونشده بحيث يكون على هيئة خط مستقيم
 بطول $ش$ واتينا بجبل ثان ثابت في نقطة الاحتراق وهي $ف$
 وضممنا احد طرفيه في نقطة $ع$ الى الجبل الاول بحيث ينتج ان
 $ف ع = ش$ وتركنا هذين الجبلين يمتدان بالتساوي
 فكلما بعدت المسطرة المثلثية عن المحور اخذت نقطة $ع$ في رسم القطع
 المكافئ حتى ينتهي

واذا فرضنا ان القطع الناقص يمتد بالتدريج فان نقطتي احتراقه يبعدان عن
 بعضهما فاذا اقتصرنا على احدى هاتين النقطتين فان جزء القطع الناقص
 الذي يمتد حول هذه النقطة يكون عند الرسم شديدا بالقطع المكافئ على
 التدريج حتى اذا تم رسمه صار اسمائين بحيث لا يفرق بينهما

ثم ان النجوم ذوات الذنب ترسم خطوطا منحنية قريبة الشبه بالقطع
 المكافئ تشغل الشمس نقطة احتراقها وهي في الواقع قطوع ناقصة بضاوية
 الشكل

وكما امتد القطع الناقص اخذت الاشعة الشمسية الخارجة من احدى نقطتي
 الاحتراق المتباعدة عن النقطة الثانية في التوازي تدريجا وهذا فيما اذا فرضنا
 ان نقطتي الاحتراق يبعدان عن بعضهما بعدا لانهاية له وبذلك يكون القطع
 الناقص في الحقيقة قطعاً مكافئاً وتكون الاشعة الخارجة من نقطة الاحتراق
 التي يكون بها الراصد منعكسة بالخط المنحني المذكور بحيث لا تقابل المحور

الذى توجد فيه نقطة الاحتراق الثانية الا في بعد لا نهاية له فاذا تكون الاشعة الخارجة من نقطة احتراق القطع المكافئ منعكسة بهذا الخط مع موازاتها للمحور

ويستعمل القطع المكافئ لتلقي الضوء الخارج من نقطة الاحتراق وانه كاسه الى جملة اشعة موازية للمحور عوضا عن ان تكون تلك الاشعة منتشرة في سائر النقط الموجودة في الفراغ .

* (بيان اجراء العملية في المنارات) *

اذا اوقدت نار على شواطئ بحرا وفي داخل ميقات او في مصب الانهر او على المراسى الخطرة او ما جاورها فمن المهم ان نرى ضوء تلك النار من بعيد وهى نار المنارات فيلزم وضعها في نقطة احتراقها لسطوح المتخذة من النحاس المقضض ويجعل لها شكل القطع المكافئ الذى يدور حول محوره (شكل ١٨) وهو مجسم قطع الدوران ويوجب هذا البيان يحدث عن سائر الاشعة التى يعكسها السطح الذى يطلق عليه اسم مجسم القطع المكافئ العاكس جملة اشعة متوازية قاعدتها دائرة ABD المتوازية التى يتكون منها ايضا قاعدة سطح ABD من العاكس

ثم ان مجسم القطع المكافئ نارة يكون موضوعا في وضع ثابت وفي هذه الصورة لا يمكن رؤية المنارة في الليل على بعد عظيم الا في وقت المرور بمحور القطع المكافئ ونارة يدور مجسم القطع المكافئ على محور قائم فحينئذ يصير بالتدريج الضوء المنعكس بذلك المحور على سائر نقط الافق وقد ادرك الملاحون بهذا هاب الضوء ورجوعه المنتظم ان هذا الضوء ليس ناشئا عن نار موضوعة حيثما اتفق وقد يتبين من المدة المتخللة بين وجود الضوء وانعدامه الاختلافات التى تميزها المنارات من جهة واحدة .

• (بيان القطع الزائد)

القطع الزائد هو عبارة عن قطع CD و DM (شكل ١٩) المرسوم في المخروط بمستوي قطعى AOB و AOW ويتقسم الى

جزئين منفصلين عن بعضهما لكل واحد منهما فرعان ك كالقطع المكافئ.
 الا ان الفرق بينهما هو ان فرعي القطع الزائد يمتدان بسرعة اكثر من فرعي القطع
 المكافئ ومن هنا قيل ان فرعي القطع الزائد المحكم الرسم المشترك مع القطع
 المكافئ في المحور والرأس يؤول امرهما الى كونهما يخرجان من بين فرعي
 القطع المكافئ.

وللقطع الزائد وهو أ ب ث و ا ر ث (شكل ٢٠) محوران
 ونقطتا احتراق وهما ف و ن كالقطع الناقص غيرانه عوضا عن
 أن يكون مجموع الاشعة الاحزاقية ثابتا على حالة واحدة يكون ذلك ثابتا
 لتفاضلها وكذلك شعاعا ف م و ن م يحدث عنهما زاوية واحدة
 مع المنحنى الا ان هذا المنحنى يمر بهذين الشعاعين اى شعاعى الاحتراق عوضا
 عن ان يكسبهما كالقطع الناقص * وبالجمله فهناك خطان مستقيمان مثل
ص ن و ص و يحدث عنهما زاوية واحدة مع المحور الا كبروهو
ف و ويقربان من القطع الزائد كلما بعدا عن مركز و المارين به
 من غير أن يتلاقيا بفرع القطع الزائد ولذلك سميا بالخطين الموازيين للخط
 المنحنى

(بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية) *

يكفى لتحديد هذا التقاطع أن نمر بعبدة مستويات من رأس المخروط فنقطع هذا
 المخروط فى اضلاع مستقيمة ونقطع ايضا السطوح المنحنية فى خطوط أخرى يكون
 تقاطعها مع تلك الاضلاع هو عين نقط الخط المنحنى المطلوب

(بيان اجراء العملية فى معرفة علم النور) *

قد سبق فى الدرس التاسع ان الاجسام تظهر لنا بواسطة اشعة منيرة سارية من
 كل من نقطها الى مركز عين الانسان فعلى ذلك كل خطية ذى الاشعة المنيرة
 المذكورة بصير فاعادة للمخروط فاذا رسمنا تقاطع هذا المخروط بالسطح المشاهد
 نحصل معنا منظر الخط المنير

وتتكون الالواح فى العادة سطوحا مستوية كما تقدم فى الدرس التاسع

وقد تكون اسطوانات او انصاف كرات

(بيان البانورامة الى المنظر العام)

قد توصل اهل هذا الفن الى صناعة الواح اسطوانية بوضع نقطة المنظر على نفس محور الاسطوانة وبهذه الواسطة امكثهم ان يرسموا على محيط الاسطوانة سائر الاجسام الطبيعية التي تنتشر بالاستدارة الى الافق حول نقطة مفروضة وهي البانورامة التي يعبر عنها بالمنظر العام لجميع الاشياء لانه بواسطتها شاهد جميع الاجسام التي يمكن رؤيتها من نقطة واحدة فلذا كانت البانورامة عبارة عن تقاطع السطح الاسطوانى المتقدم المأخوذ لوحاً مع سطح مخروط واحد او عدة سطوح مخروطية رأسها موضوعة في نقطة المنظر وقاعدتها جميع الخطوط الطبيعية التي يريد الصانع رسمها .

ولاجل الاختصار في عمليات هذا النوع من المنظر تقسم الافق الى اجزاء متعددة بأن تقسمه الى عشرين جزءاً مثلاً ثم نرسم على اخرخ ورق اوصفائح مستوية معتادة منظر الاشياء المنحصرة في العشرين جزءاً من الافق ثم نرسم بجانبه على الستارة الدالة على انتشار سطح الاسطوانة المجمولة لوحا العشرين طبقة المنتصبة المتوازية ثم ننشر هذه الستارة على المحاطات الاسطوانية من البيت المستدير المحتوى على البانورامة

واذا رسم هذا النوع على حقيقة دهش منه الناظر لانه في بعض الاحيان يبدوله منه سائر التخيلات الطبيعية وهذه الطريقة في الرسم اجود من غيرها اذ بها يعرف منظر اى محل كان حول نقطة مفروضة وهذه الفائدة لا يمكن وجودها في السطح المجوف ولا في منظر صورة جزء من الافق .

(بيان المرأة المسحورة)

هذه المرأة عبارة عن لعبة طبيعية شهيرة ناشئة عن التخيلات الهندسية وهي من قبيل البانورامة وصورتها ان نرسم على مستوا يشعكالا بحيث انها عند انعكاسها بالمرآة الاسطوانية او المخروطية تظهر لعين الراصد في صورة اجسام منتظمة وصور طبيعية ويلزم لرسم تلك الاجسام على المستوى ان تتمم

أولاً سائر اضلاع المخاريط التي تجعل لكل جسم منظر على المرء آتو ثانياً الاشعة المنعكسة بان نعتبر هذه الاضلاع كأنها اشعة ساقطة فينتج عن كل شعاع منعكس بتقاطعه بالمستوى نقطة ويكون مجموع النقط المحددة بهذا الوجه الشكل المطلوب رسمه وما يحصل للانسان عند رؤية هذا المنظر من المسرة والابتهاج انما هو نائى عما يلحقه من الطرب حين يرى الاشكال الغير المنتظمة والاشكال البشعة القبيحة المنظر تتحول بانعكاس الضوء الى اشكال منتظمة حسنة المنظر مستكملة لما يرومه من الانتظام والجودة

* (بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القباب والقبوات) *

قد تكون القباب والقبوات الموجودة في العمارات الكبيرة كالهياكل والقصور منقوشة في الغالب بمناظر رسمها يتحصل بتقاطع السطوح المخروطية بسطوح هذه القباب والقبوات فيلزم للرسم ان يقف على حقيقة ما يراه من الصور لتظهر للمناظر على بعدائها على شكلها الحقيقي ووضعها الطبيعي وان كانت في حالة القرب تخالف ذلك بالكلية

* (بيان الظلال المخروطية) *

اذا كان هنالك نور كنور مصباح او شمعة او كان عدة انوار مجمعة مارة بقبب صغير وانارت على اجسام مظلمة فانها تعكس من ظل هذه الاجسام بحيث يترآى في الفراغ ان الفاصل بين الظل والنور شكل مخروطى فاذا ارى رسم الظل الذي يعكسه الجسم المنير من نقطة واحدة على جسم آخر لزم ان نحدد تقاطع السطح المخروطى الناتج من الجسم الذى يعكس الظل بالجسم المنعكس عليه الظل

وسنبين للمبتدئين في التصوير الثمرة التي تظهر لهم في هذا المعنى وكذلك في الظلال بالمنعكسة باشعة متوازية عند تحديدهم من مبدء الامر بالطرق الهندسية كثيراً من الظلال المنعكسة التي من هذا القبيل ليعتادوا على الاشكال التي تنتج عنها ويعرفوا معرفة تامة تأثير النور في شكل الظلال فبذلك يزداد رسمهم صحة وضبطاً

وذلك لئلا نأذي أنفسنا على منوال الطريقة التي ذكرناها نتج عن ذلك شيان
أحدهما تقاطع السطوح المنتشرة والمعوجة بسطوح آخرتين النقط التي
تتلاقى فيها السطوح بكل من المستقيمتين التي هي اضلاع السطوح الاول *
ثانيهما تقاطع سطوح الدوران الدوران بسطوح آخر عند البحث عن النقط
التي تتلاقى فيها السطوح الأخيرة بدوآر متوازية مرسومة على السطوح
الاول وهلم جرا ومهارة الراسم في هذه العمليات هي انتخابه سطحى المسقط
ليتحصل معه خطوط منحنية بسيطة يسهل بهارسم مساقط خطوط التولد
من كل سطح

(الدرس الرابع عشر)

(في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمنحنيات والسطوح)

لاجل تسهيل ادراك القضايا والبرهنة عليها نبدل في الغالب خط
أ ب ث د ه ف غ ش المنحنى (شكل ١) بمضلع مستقيم
الخطوط تكون اضلاعه الصغيرة جدا وهي أ ب و ب ث و ث د
و د ه الخ مماثلة بالكلية لعنصر الخط المنحنى المنحصر بين تلك الاضلاع
المتنوعة

واذا مددنا من نقطة أ و ب المقروض وضعهما على المنحنى مع غاية
القرب من بعضهما خط س أ ب ص المستقيم ظهر كانه امتزج بالمنحنى
في المسافة الصغيرة التي بين نقطتي أ و ب وتعين به اتجاه الجزء الاصغر من
منحنى أ ب ث د ه ف غ ش فنقول حينئذ ان مستقيم
س أ ب ص مماس للمنحنى في عنصريه الصغير وهو أ ب
ولا يخفى ان هذه الطريقة التي استعملناها في تحصيل مماسات المنحنى ليست
الاطريقة تقريرية ولنضرب لك مثلا تقريريا ليكون عندك الملم بالمماسات
الحقيقية فنقول

لنخذ في دائرة أ ب ث د (شكل ٢) نصف قطر و أ ثم نخذ من
نهاية أ عود س أ ص على نصف القطر المذكو وودعبر هنا

(في الدرس الثالث) على ان كل نقطة من س ا ص ماعند نقطة ا توجد خارج الدائرة وان مستقيم س ا ص الذي يمر بالدائرة في نقطة واحدة يسمى مماس للدائرة .

ولا يمكن ان يمر من بين نقطة ا ولان من شمالها بخط مستقيم بين الدائرة ومماسها وهو س ا ص فلذلك تمد من نقطة ا خطا مستقيما كخط ا ز ثم تمد خط و ن عمودا على ا ز . فيصير هذا العمود بالضرورة اصغر من مائل وا فاذن يدخل خط ا ز في الدائرة وبناء على ذلك لا يمر دائر من نقطة ا بين الدائرة ومماسها وهو س ا ص

وحيث ان الجزء الصغير من الدائرة الذي اوله من المماس اتجاها هو عين اتجاها المماس المذکور امكن ان نعتبر نقطة قريبة جدا من نقطة ا مأخوذة على الدائرة كلناهما موضوعة على المماس وهذا كاف في تعيين اتجاها الذي يقل خطاه كلما قربت النقطة الثانية من الاولى

وقد يكون نصف قطر و العمودي على مماس س ا ص عموديا ايضا على عنصر الخط المنحني الذي يكون من نقطة ا على اتجاها المماس المذکور ويطلق اسم الخط العمودي على الخط النازل عمودا على المماس فلذا كان نصف قطر الدائرة عمودا على المحيط ثم ان ارباب القنون يستعملون كثيرا خواص المماسات والاعمدة في تحديد اشكال محيطات الخطوط والسطوح

ولنذكر اولا كيفية رسم المضلعات المنتظمة بواسطة مماسات الدائرة فنقول لنفرض مضلعا منتظما بمضلع ا ر ث و ه ف الخ (شكل ٣) فيث ان نقطة و هي مركز هذا المضلع پنج وا = ور = وش = و ه = و ا وكذلك ا ر = ر ث = ث و = و ا فاذن تكون مثلثات ا و ر و ر و ث و ث و ه متساوية فتكون اعمدة وا و ور و و ث النازلة من نقطة و على ا ر و ر ث و ث و الخ متساوية ايضا فاذن يكون مماس الدائرة المرسومة من نقطة و المجمولة

مركزها بواسطة نصف قطر $وا = وب = وث = ود = الخ$
 هو سائر اضلاع المضلع المذكور وهو $ا ب ث د ه الخ$
 ويقال ان كل شكل مضلع مثل $ا ب ث د ه الخ$ يكون مرسومًا خارج
 دائرة $ا ب ث د$ $ا ب ث د ه الخ$ فمن ثم كان كل شكل مضلع منتظم يقبل الرسم
 خارج الدائرة

ومن الجلي ان محيط الدائرة يكون اكبر من محيط كل شكل مضلع مرسوم
 في داخلها كمضلع $ا ب ث د$ واصغر من محيط كل شكل مضلع مرسوم
 في خارجها كمضلع $ا ب ث د$ وان سطح الدائرة يكون اكبر من سطح كل شكل
 مضلع مرسوم في خارجها

ولما اكثرت المهندسون ضرب اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع سواء كانت
 خارج الدائرة او داخلها واخذوا نصف القطر وحدة قياس حسبوا دائرتين
 مختلفتين اقل من طول يمكن القياس معلوم بالا لآلات الهندسية وهذان
 الدائرتان احدهما اكبر من محيط الدائرة والاخر اصغر منه .

وقد رأوا من هذا القبيل اشكالًا كثيرة الاضلاع منتظمة سطح احدها اكبر من
 سطح الدائرة والاخر اصغر من سطحها ومغايرة لبعضها تفايرًا اقل من القياس
 المعلوم قبل ذلك فذلك تراههم رمزون لمحيط الدائرة التي نصف قطرها يساوي
 وحدة القياس وكذلك لسطحها باعداد تقر يديها جدًا

ويمكن استعمال هذه الطريقة في تحديد محيط مسافة منتهية وفي تحديد سطحها
 بأي نوع من الخطوط المنتهية

وهذه الطريقة الشهيرة تسمى عند المهندسين طريقة التحديد وبها يستعان
 في البرهنة على كثير من التقاويم والقواعد الرياضية التي جعلناها من قبيل
 الحدسيات القرينية من الحقائق اليقينية فاذا اريد تفصيل سطح كرواح من
 صفيح الحديد او من ورق المقوى بموجب محيط دائرة $ا ب ث د$
 كما في (شكل ٣) نبتدئ برسم شكل مضلع خارج الدائرة بواسطة
 خطوط مماسة ثم نزيل بقارة او مبرد او مقراض او اي آلة مستقيمة الخطوط

زوايا $ا و س و ث$ فيحدث عن ذلك شكل مضلع اضلاعه
ضعف اضلاع الاول ويتفاوت قليلا عن محيط الدائرة فاذا استمر على ازالة
الزوايا بهذا الوجه حدث مضلع اضلاعه متعددة الا انها صغيرة بحيث لا يمكن
ادراك الزوايا ولا رؤسها فعند ذلك يتم رسم الدائرة على احسن وجه
وفي عمل الابواب والاشبايك والقبوات الكاملة التقوس وغيرها يكون $ا م$
 $و ث ن$ المستقيمان (شكل ٤ و ٥) منتصبين وعمودين على نصف
القطر الافقي وهو $ا و$ = $و ث$ (شكل ٤) = $ا ث$
(شكل ٥) وبناء على ذلك يكون هذان المسندان المستقيمان مماسين للقبوات
المذكورة في نقطتي $ا و ث$

وفي قبوة $ا ب ث د$ المنكسة (شكل ٦) المصنوعة على هيئة اذن
القبة ثلاثة اقواس دائرة وهي $ا ب و ب ث و ث د$ التي مراكزها
وهي $م و و و د$ مرتبة على هذا الوجه وهو

اولا تكون نقطتا $و م$ ونقطة $ب$ التي هي ملتقى قوسى $ا ب$
 $و ب ث$ خطا مستقيما وثانيا تكون نقطتا $و و د$ ونقطة $ث$
التي هي ملتقى قوسى $ب ث و ث د$ خطا مستقيما ايضا فاذا كان
خط $س ب ص$ عمودا على $و م ب$ وكان خط $ز ث ط$ عمودا
على $و د ث$ فان هذين الخطين يصيران معا خطين مماسين احدهما للقوسى
 $ا ب و ب ث$ في نقطة $ب$ وثانيهما للقوسى $ب ث و ث د$
في نقطة $ث$ وحيث ان هذه الاقواس المرسومة على هذا الوجه مماسها
واحد فلا يرى في نقطة تلاقيها نوع من الزوايا

واذا اريد تعويض خط منحني باقواس دائرة قريبة الشبه منه بقدر الامكان
بحيث يرقى فيها اتصاله واسترااره فانه ينبغي ان تكون الاقواس المذكورة متصلة
بعضها ببعض يكون لها مماس واحد في نقطة تلاقيها وسيأتى توضيح ذلك
في الدرس الآتى

(بيان المستويات المماسية للسطوح)

لنصنع في سطح $ا غ ب$ الخ بالتوازي لمستوى مفروض (شكل ٧) عدة قطوع مستوية مثل $ا ب$ و $ث د$ و $ه ف$ فتأخذ هذه القطوع في التناقص كلما قربت من محدود السطح حتى ينتهي امرها الى أن تصل الى نقطة $غ$ التي تكون بمفردها على مستوى $م ن$ الموازي لجميع القطوع المذكورة

ولنرسم على السطح المذكور عدة مخنيات مثل $ا غ ب$ و $ا غ ر$ الخ مارة بنقطة $غ$ وعند من هذه النقطة عدة مماسات للمخنيات المذكورة وحيث انه يعذر مرور خط مستقيم بين مماسين مخنيين لزم ان تكون هذه المماسات موضوعة على مستوى $م ن$

فلذا كان المستوى المماس في نقطة $غ$ لسطح $ا غ ب$ مشتملا على جميع المستقيمات المماسية في نقطة $غ$ للمخنيات على اختلافها المرسومة من هذه النقطة على السطح المذكور ويلزم مع ذلك ان نستثنى النقط البسيطة كراس المخروط وغير ذلك لكن هذه النقط هي دائماً مستثنيات على السطوح اى لا يلتفت اليها

ولنمثل لذلك بالكرة فنقول تكون قطوع $ا ب$ و $ث د$ و $ه ف$ المتوازية (شكل ٨) دوائر مراكزها $و$ و $ز$ و $ح$ موضوعة على خط مستقيم وهو $و و$ الخ $غ$ عمودى على مستوى سائر الدوائر ومراكز الكرة فاذا ممدنا من نهاية نقطة $غ$ لهذا المستقيم مستوى $م ن$ مواز بالمستوى القطوع وعمودى على $و غ$ فانه يصير مماسا للكرة

وبيان ذلك ان كل نقطة من هذا المستوى تكون ابعذ عن المركز من نقطة $غ$ فتكون ضرورية خارج الكرة فاذا لم يمس المستوى المذكور الكرة الا في نقطة $غ$ وكل مستو ممتمد من $غ$ و $غ$ يقطع الكرة في دائرة قطرها $غ و غ$ ومماسها في نقطة $غ$ عمود على $غ و غ$ والاعدة التي في نقطة $غ$ على مستقيم $غ و غ$ موضوعة في المستوى العمودى على الخط

المستقيم المذكور ومارة بنقطة $\overline{ع}$ فاذن يحتوي المستوى المماس وهو $\overline{م ن}$ على جميع مماسات دوائر انصاف النهار التي قطرها $\overline{ع و غ}$ ونظير ذلك في سهولة البرهنة عليه هو ان $\overline{ك ل}$ دائرة صغرى مرسومة على الكرة من نقطة $\overline{غ}$ يكون مماسها في هذه النقطة موضوعا ايضا على $\overline{م ن}$.

وكل خط مستقيم مثل خط $\overline{ع و غ}$ (شكل ٨) عودى في نقطة $\overline{ع}$ على المستوى المماس سواء $\overline{ك ل}$ كان في السطوح او الخطوط يسمى بالخط العمودي.

ولنطبق هذه المسائل الاولى على السطوح بانواعها التي تقدم ذكرها في الدروس السابقة فنقول

(بيان المستوى المماس للاسطوانة)

لنفرض اسطوانة كاسطوانة $\overline{ا ب ث ا ر ث}$ (شكل ٩) المنتهية بقاعدتين موضوعتين في مستويين متوازيين سائر خطوطهما المتقابلة متوازية ايضا فاذا كان $\overline{ب ب}$ ضلعان مماسي $\overline{م ب ن}$ و $\overline{م ر د}$ للمخنيين في نقطتي $\overline{ب ب}$ و $\overline{ر د}$ يكونان متوازيين ومن هذا القبيل كل خط مثل $\overline{م ر د}$ مماس لمخني $\overline{ا ر ث}$ الموازي للقاعدتين المذكورتين حيث ان نقطة $\overline{د}$ موضوعة على ضلع $\overline{ب ر}$ ويحدث عن تسلسلي مماسات $\overline{م ب ن}$ و $\overline{م ر د}$ و $\overline{م ر د}$ المتوازية التي تمر بضلع $\overline{ب ر}$ الذي هو خط مستقيم مستوي يكون مماسا للاسطوانة في سائر امتداد الضلع المذكور.

(بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسية)

قد يصنع الجيباز الذي يدير نشابته بالتوازي من العجين مستويا يكون مماسا بالتدريج لكل ضلع من اضلاع السطح الاسطوانى للنشابة وكذلك البستانجي في عمل طرقات البستان وحياضه فانه يصل الى النتيجة المذكورة بتدوير الاسطوانة المسماة بالزحافة على تلك الطرقات والحياض

فكلما تمهدت الارض واستوت صارت مماسة للزحاقة في امتداد الاضلاع المختلفة لهذا السطح

وقد يعلق العربات صانعيها بواسطة شيور من الجلد من كل جهة (شكل ١١) فتكون هذه السيور تابعة للآثر الأسفل الاسطوانى من صندوق العربية وتمتد بحيث يكون سطحها الاعلا على هيئة سطح مماس لصندوق العربية فاذا اهتز الصندوق من الامام الى الخلف فانه اما ان يتقدم او يتأخر على المستوى المماس المذكور الذى لا يعتبر به اهتزاز من احدى جهتيه دون الاخرى لكونه على حدسوته من الجانبين ومثل هذا الاهتزاز مفرع لكونه يحصل على حين غفلة في العربات الغير المعلقة

(بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية)

انما ذكرنا الطريقة التى ذكرناها في الدرس الذى تكلمنا فيه على الاسطوانات من حيث تفصيل مجسم صلب يكون سطحه اسطوانيا فقول نرسم القاعدة على طرفي قطعة من الخشب او الحجر يراد نحتها على هيئة شكل اسطوانى ثم نرسم شكلين مضلعين مرسومين خارج الدائرة على هاتين القاعدتين وزيادة على ذلك تكون اضلاعهما المتقابلة متساوية ومتوازية ثم نمر بواحدة المنشار او الفارة او اى آلة صالحة لتفصيل السطوح بمستويات بين الاضلاع المتوازية من المضلعين المذكورين فيحدث عن ذلك منشور ذو اضلاع كثيرة مرسوم خارج الاسطوانة وذلك لان اوجنه المتنوعة تكون مماسة لسطح الاسطوانة فاذا ازلنا بالمنشار او الفارة او نحو ذلك اضلاع المنشور صنع مستويات جديدة مماسة للاسطوانة فكلما كثرت هذه المماسات اخذت المتساثير المطلوب علمها في مماثلة الاسطوانة ومشابتها

(بيان المستويات المماسية للضرط)

انما دنا ضلع ص ا ب ث على الخروط (شكل ١٢) فان جميع الخطوط المماسية في نقط ا ب و ث لاقطوع المتوازية وهى ا ب و ب و ث ا ث تكون موازية لبعضها ويحدث عن جميع هذه

المماسات مستوي ح ح م ن المماس للخروط في جميع امتداد ضلع
ق ص ا ب ث

* (بيان اجراء العمامة) *

يسوغ لنا بواسطة خاصية المخروط عند رسم كثير الاضلاع المرسوم خارج
القاعدة أن نرسم شكلا هرميا اوجهه مماسة للمخروط في سائر طولها فاذا
اصلحنا على التوالي بالنسار والفارة او نحوهما اضلاع شكل الهرم المذكور
لنعشقها بمستويات جديدة مماسة فان عدد اضلاعه يأخذ في الزيادة فحينئذ
يكون رسم السطح الذي هو عبارة عن المخروط مضبوطا على الوجه المطلوب
(راجع الدرس العاشر)

* (بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة) *

اعلم ان الخاصية الموجودة في المستوى المماس وهي كونه يمس الاسطوانة
والمخروط في جميع امتداد ضلع من اضلاعهما ثابتة ايضا للسطوح المنتشرة
على اختلاف انواعها ويمكن اعتبار هذه السطوح كأنها مصنوعة من عدة
اوجه صغيرة مخروطية ضيقة جوارها مثل اوجه المخروط مستوية واحدة مماس
لطول كل ضلع من اضلاعها ويمكن من ور سطح منتشر بين منحنين مفروضين
بان نرسم خارج هذين المنحنين عدة اشكال مضلعة كالمستوى الذي يمر في آن
واحد بكل ضلع من اى مضلع كان فيكون هذا المستوى مماسا للسطح المنتشر
واذا استمر على اصلاح الاضلاع الحادثة من تلاقى هذه السطوح فان اضلاع
الاشكال المضلعة المرسومة خارج المنحنين والاوجه المستوية المماسية للسطح
المنتشر المراد بتحصيله تزداد وتكثر

* (بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان) *

اذا وضعنا اسطوانتين قائمتين مستديرتين مثل ا ب ث د و ب ث ه
بجوار بعضهما (شكل ١٠) بحيث يكون محوراها متوازيين
وبمداهما يساوى مجموع انصاف اقطار قاعدتيهما فان هاتين الاسطوانتين
يتماسان في جميع امتداد ضلع ب ث وحينئذ يكون للسطحين

مماس واحد في امتداد هذا الضلع ولنفرض الآن ان في كل من مقدم الاسطوانتين ومؤخرهما لوحا اقويا اتجاها اعلاه هو عين اتجاها هذا المستوى فاذا وضعنا لوحا معدنيا على احد اللوحين وجعلناه يمر بين الاسطوانتين اللتين على بعد واحد من بعضهما فان اللوح المعدني يمهّد بحيث يكون الوجهان المتوازيان مستويين مماسين فالوجه الاعلا يكون مماسا للاسطوانة العليا والوجه الاسفل يكون مماسا للاسطوانة السفلى وعلى ذلك تكون عملية جلب الألواح المعدنية بواسطة الاسطوانات مبنية على خاصة المستويات المماسية للسطوح الاسطوانية

(بيان المخاريط والاسطوانات المماسية لبعضها في اى ضلع كان)

اذا كان للاسطوانة ك اسطوانة ا ب م د ومخروط كخروط ا د ه (شكل ١٣) ضلع واحد مثل ا د ولهما في د مماس واحد وهو م خ فان المستوى الممتد من م خ ومن ضلع ا د يكون في آن واحد مماسا للمخروط وللاسطوانة في سائر امتداد ضلع ا د فاذا ن تكون الاسطوانة والمخروط المذكوران مماسين لبعضهما في سائر امتداد ضلع ا د

وقد يستعمل الحدادون والسمكّرية والنحاسون الخاصة المذكورة في تقويس الواح النحاس والصفح على هيئة اسطوانية فيضعون اللوح بحيث يكون اتجاها ضلاع الاسطوانة هو عين اتجاها ضلع السن المخروط من لبلاية السندان المرموز لها بحروف ا د ه ثم يقوسون ايضا بواسطة مطرقة طرفها منفر على صورة اسطوانية اللوح في سائر طول الخط المستقيم الذي بموجبه يمر المخروط اللوح المطلوب تقويسه فبذلك يتحققون من ان سطوح الواحهم اسطوانية وبهذه المثابة تكون صناعة السطح المخروطي وكل سطح منتشر بشرط الزيادة والنقصان في تقويس اللوح المعدني تدريجا بقدر بعدد المطرقة على ضلع الالتحام وهو ا د من رأس ا او قربه منه

* (بيان الاسطوانات المماسية والمكتنفة بسطوح آخر) *

اذ فرض ان خطا مستقيما موازيا دائما لاتجاهه الاصلى ياخذ في الامتداد وهو باق دائما على مماسة سطح مفروض فانه يحدث عنه اسطوانة تكون مماسة للسطح المفروض في جميع التسلسل الناتج عن نقط التماس الموجودة بين اضلاع الاسطوانة والسطح المذكور .

* (بيان الاسطوانات التي تكشف الكرة) *

لفرض ان هنالك كرة مثل ا ب د (شكل ١٤) وان هنالك خطا مستقيما مماسا دائما للكرة يتحرك وهو مواز لمحور ممتمد من مركز الكرة فيحدث من هذه الكيفية اسطوانة قائمة مستديرة تمس الكرة في جميع امتداد دائرة ا ب د الكبرى وبذلك يمكن تقدم الكرة في الاسطوانة اوتأخرها بان تكون مماسة لها بلا انقطاع في دائرة موازية لدائرة ا ب د وعمودية على محور الاسطوانة

* (بيان اجراء عملية ذلك) *

لخاصية التي ذكرت آنفا مدخل عظيم في الفنون فكلما وجه الانسان كرة بالنظر لمحور مستقيم مثل س و ص فانه يجعلها تتحرك في الاسطوانة المكتنفة بها وتسمي في جميع جهاتها

وهذه هي القاعبة التي نشأ عنها شكل اسلحة النار كالبنديق والطنجيات والمدافع والابوس والاهوان التي صورة سطحها الداخلي كصورة الاسطوانة القائمة المستديرة واما الرصاص والكل والقنابر ووجه الابوس التي يراد احكام اتجاهها فهي اكر تتبع عند رميها اتجاه محور الاسطوانات

* (بيان معيار الاكر) *

لاجل ان تتحرك اولان الكلال ليست كبيرة القطر بحيث يمنع ذلك من دخولها في الآلة المعدة لها وثانيا انما ليست صغيرة جدا بحيث لا يحصل معها اضطراب الرمي وتحريره تستعمل نظارات (شكل ١٥) ليست الاسطوانات مستقيمة مستديرة اضلاعها صغيرة جدا فيمسك الطبعي باحدى يديه قبض

النظارة وهو **آ ب** و **أ ر** ويدير بالآخرى الكلال على سائر جهاتها لينظر هل يمكن ادخالها في النظارة المذكورة ام لا وهل في الصورة الثانية يكون بينها وبين النظارة فراغ ام لا وهل هو المسمى بكيفية معرفة عيار الكلال

(بيان اجراء العملية في الظلال)

يشاهد في الكائنات **كل وقت** صورة على شكل السطوح الاسطوانية المصنوعة من الخطوط المستقيمة الموازية لبعضها المماسية لسطح واحد فاذا كان جسم محدّد بسطح منحن مضياً بالشمس وكان غير شفاف فانه يجلب الضوء عمائراً وتكون الاشعة الفاصلة بين الظل والجزء المضيء بالشمس هي ضرورة عين الاشعة التي تمس ذلك الجسم بدون ان يجلبها فهذه الاشعة المتوازية تكون مماسة لسطح الجسم فاذا يحدث عن مجموع النقاط التي تحدّد الظل المنعكس في الفراغ جسم اسطوانى جميع اضلاعه مماسة لذلك الجسم ويحدث ايضا عن مجموع نقط تماس سطح الجسم والاسطوانة التي تحدّد الظل المنعكس بهذا الجسم خط منحن وهو الخط الفاصل بين الظل والضوء على سطح الجسم المضيء

واذا اردنا ان نحدد على مستو ما مع غاية الضبط ظل أى جسم كان فانه ينبغي انشاء الاسطوانات المصنوعة على هذه الكيفية بمماسات لسطح الجسم موازية لاتجاه اشعة الشمس المفروض ثم تحدّد تقاطع هذا السطح الاسطوانى بسطح الاجسام المنعكس عليها الظل وهذا مبحث مهم جد للمعمّرجى والرسام فاذا قد منا واخرنا الجسم المضيء موازيا لنفسه في اتجاه معين باشعة اشمس فان كل نقطة من نقطه ترسم خطا مستقيما موازيا لهذه الاشعة فاذا ن تكون جميع نقط الجسم الموضوعة على الاسطوانة التي تحدّد الظل المنعكس على الجسم تابعة لاتجاه الاشعة المذم كورة المماسية بلا تقطاع لسطح الجسم ولا تزال الاسطوانة تحدّد الظل المنعكس بالجسم وهذه الاسطوانة التي تحتاطد انما بالجسم في سائر اوضاعه تسمى بالنسبة له سطحاً مكتنفاً

فعلى ذلك تكون الاسطوانة القائمة هي السطح الذي يكتنف الكرة المتحركة على خط مستقيم والباقية دائماً على قطر واحد وعليه فتكون خزنة المدفع والوهون سطحاً يحيط بالفراغ المقطوع بالكرة.

ويمكن ان يحفر في اى جسم سطح اسطوانى يكتنف الكرة التى نصف قطرها لا يتغير ويكون مركزها متحركاً على خط مستقيم كما يحصل ذلك عند ضرب الرصاصة في جسم لمن غير سريع الانكسار

وبعكس ذلك يمكن أن نصنع كرة تبدو راسطوانة ماحول خط مستقيم عمودى على محورها ومارتبه وبجسب وضع الاسطوانة يكون محورها مماساً لدايرة كدائرة نصف النهار فيحدث عن اجتماع دوائر انصاف النهار نفس الكرة المذكورة فاذا فرضنا ان دوائر انصاف النهار المذكورة مرسومة على القرب من بعضها امكن ان نضع عوضاً عن الاسطوانة المماسه اضلاعاً اسطوانية منحصرة بين دائرتى نصف نهار متواليتين فيكون هذا من ماصدقات القاعدة التقريبية التى ذكرناها في الدرس الحادى عشر

وبالجملة قد سيعمل الطرق المذكورة اولاً في رسم سطوح على اى شكل اتفق بسطوح أخرى متماثلة من جميع الجهات ويمكن تحريكها في اتجاه مواز لاضلاع الاسطوانة وثانياً في رسم سطح ما بواسطة جملة اسطوانات تمسه في كل من اضلاعها

(بيان اجراء العملية في فن التجارة)

اذا ازم للنجار ان ينظم اجزاء بارزة بالخراطة على حسب محيط مركب من جملة خطوط منحنية فانه يأخذ قارة حديدية يكون على هيئة قطع شكل الخرافة وخشبها مفصل على حسب سطح اسطوانى قاعدته القطع المذكور ثم يحرك قارته ويجعلها مماسة دائماً للمحيط الذى يتبعه الخروط في هذه الحركة يصير السطح الاسطوانى للقارة بالتوالى مماساً للخراطة المصنوعة في سائر امتداد القطع الناتج من حديد القارة وتكون الخرافة هي السطح المكتنف للاسطوانة التى بينها خشب القارة

وقد ظهر لنا من السطوح المخروطية ملحوظات ونتائج متشابهة
فنفرض اننا نأخذ من نقطة مفروضة مثل ض (شكل ١٦) على كرة و جميع
محاسن ض ا و ض ب و ض ث الخ الممكنة فيحدث لنا مخروط
قائم مستدير محاسن للكرة المذكورة في سائر امتداد دائرة ا ب ث د
المستعملة قاعدته للمخروط فاذا ادبرنا دائرة ا ب ه الكبرى على محور
ض و الممتد من نقطة ض ومن مركز الكرة وهو و حدث عن
الدائرة المذكورة للكرة وعن محاسنها و ض ا و ض ب المخروط
المذكور

فاذا تحرك مركز و على محور ض و مع ازدياد نصف قطر الكرة
او نقصانه بالنسبة الى بعده من نقطة ض فانه بالنظر لخاصية الاشكال
المتشابهة تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ من
مخروط ض ا ب ث د مماثلة لدائرة المتقدمة فاذا يكون هذا المخروط
محتويا على المسافة التي تقطعها الكرة المتحركة مركزها على خط مستقيم ويرداد
نصف قطرها او ينقص بالنسبة لبعده المراكز من نقطة ثابتة من نقط الخط
المستقيم المتقدم

واذا جعل محل الكرة سطح منحن حينما اتفق امكن ان نرسم من كل نقطة
موضوعة خارج السطح المذكور جميع الخطوط المستقيمة التي تكون اضلاعا
للمخروط الذي يمس السطح المذكور في كل من اضلاعه فاذا كانت النقطة
المجمولة رأسا للمخروط نقطة مضيئة فان المخروط المصنوع على الوجه المتقدم
يبين خلف الجسم حد الظل المنعكس بالجسم المذكور واذا رسمنا مع الدقة حد
الظل المنعكس بالجسم المتقدم على اى سطح كان لزم تعيين تقاطع هذا السطح
مع المخروط المحدد للظل الحادث من الجسم المنير

(بيان الكسوف)

اعلم انهم توصلوا بتطبيق هذه المساعدة على علم الهيئة الى تجديد شكل الكسوف
ومقداره ولنفرض ان القمر في مروره بين الارض والشمس يكاد يكون على

خط مستقيم فاذا فرضنا ان القمر والشمس كرتان فان انزى مخروطا قائما مستديرا
محتويا على الكوكبين المذكورين ويعين في السماء هذا الظل المنعكس بالقمر
وكلاما مكنت الارض تمامها خارج هذا المخروط المظل فان الشمس لا تنكشف
بخلاف ما اذا دخل جزء منها في المخروط المذكور فان هذا الجزء يمنع عنه ضوء
الشمس وتنكشف الشمس بالقمر وهذا هو المسمى بالكسوف واذا عيننا
في كل لحظة من مدة الكسوف وضع كل من الكواكب الثلاثة على حدته
وتقاطع سطح الارض مع المخروط المحتوى على الشمس والقمر فان هذا
التقاطع يبين على الارض مائة ما ويلحق الاماكن التي في هذه المسافة
الكسوف الكلى في الحالة المذكورة وبالجملة اذا رسمنا جميع التقاطعات
المفروضة في الاوقات المختلفة التي يستغرقها كسوف واحد فان النقط التي
تكون خارجة عن تلك التقاطعات المتنوعة لا يحصل لها الكسوف الكلى
واما النقط الاخرفانه يحصل لها ذلك ويمكث مدة طويلة او قصيرة وبهذه
الطريقة يؤخذ من الهندسة جميع الاحوال التي يحصل فيها كسوف الشمس
وتعين بهامع السهولة الاحوال التي يخسف فيها القمر
فاذا كان مخروط قائم مستديريكتنف سطح الارض والشمس معا فانه ان دخل
القمر في المخروط المظل المنعكس بالارض حصل للقمر خسوف وان دخل
القمر بتمامه في المخروط كان ذلك هو الخسوف الكلى واما اذا لم يدخل في ذلك
المخروط الاجزاء من القمر فان ذلك يكون خسوفا جزئيا وفي هذه الصورة
الاخيرة نعرف في اى زمن فرضناه شكل الكسوف ومدة داره بتحديد تقاطع
الخاريط المحيطة بالشمس والارض مع سطح القمر
واذا فرضنا جسما حيثما اتفق ومدة ناعليه كما مر في شأن الشمس اشعة نظرية
مماسه فان هذه الاشعة تعين على هذا الجسم حد النقط التي يمكن مشاهدتها
وهذا ما يسمى بالمحيط الظاهري للجسم الذي فرضناه
وفي التصوير يرسم على سطح اللوح المحيطات الظاهرية لاي جسم كان وهذا
هو تقاطع ذلك السطح مع سطح المخروط الذي اضلاعه مماسة للجسم المذكور

ورأسه موضوعة في مركز النظر فاذن تكون معرفة المخاريط المحيطة
بالاجسام لازمة لزوما ضروريا في تصوير الاجسام المنتهية بخطوط
مستقيمة

ومتي اضاعت كرة منيرة مثل وا ب (شكل ١٩) على كرة اخرى مظلمة
مثل وا ب امكن ان تصور وا ب مخروطا مثل ض ا ا ب -
يكشف الكرتين معا ويرسم على كرة وا ب مخطط الانفصال الذي بين الظل
والنور ويمكن ايضا ان تصور مخروطا ثانيا مثل م د ط م ن موضوعا
بين الكرتين المذكورتين فتكون مسافة س ب م ن المنحصرة في هذا
المخروط الذي فوق الكرة الواقع عليها الضوء مشرفة على الكرة المنيرة بتامها
غير انه لا يمكن ان نشاهد من كل نقطة من مسافة ا م ن ب الاجزاء
واحدة من الكرة المضيئة فاذن يكون هناك ظل جزئى ويسمى عند ارباب هذا
الفن بالاسم المذكور فاذا اريد رسم ظل عذة اجسام مع الدقة لزم ان يبين مع
غاية الاهتمام الظلال وما استضاء منها من الظلال الجزئية ويتوصل الى ذلك
بطرق تشبه الطرق التي ذكرناها آنفا

فلولم يكن سطحها ا و ر و ا و ب متشابهين لما يمكن ان المخروط الواحد
يحيط بهما معا على وجه التماس بل يكون سطحا متشاكرا يمكن رسمه بان نفرض
ان اى مستوي يكت مماسا للسطحين المذكورين معا ويرسم مع التعاقب جميع
الاضلاع الملائمة لذلك ونصل في كل وضع بالخط المستقيم النقطتين اللتين يكون
فهما المستوى مماسا للسطحين فيحدث عن مجموع هذه الخطوط المستقيمة سطح
منتشر ب ك يكون فاصلا بين الظل والنور من الظلال واجزائها المنتهية على
ما يقتضيه وضع الظل خارج الجسم المنير والجسم الواقع عليه الضوء او مروره
بينهما ولقد تمسقت على كون ما اودعته في هذا الكتاب المختصر من الحدود
والمبادئ يمنع من التطويل في الكلام على هذه الخواص المستحسنة المتعلقة
بالسطوح المنتشرة

واذا اريد تحصين اى ثغر فانه ينبغي تحصين خارجه بحيث لا يمكن في مسافة

مرعى المدفع ان ترى مع الاستقامة جسما من الاجسام المعدة للرمابة فوق
بسطة الحصون التي عليها المحافظون فتصور سطحها منتشرا مماسا لهاق
الحصن ولرأس الارض التي تكثف الثغر بقدر مرعى المدفع وينبغي ان لا يقطع
السطح المنتشر بالكلية الارض التي فيها المحافظون ولا السطح المرتفع عن
الارض بقدر قامة الانسان المعتادة فاذا وفي بهذا الشرط فان داخل الثغر
يسمى سردابا ومضيقا ولهذا سميت القواعد الهندسية المستعملة للتوصل الى
هذه النتيجة بقواعد عمل المضيق

ويكثر استعمال الخاريط المكسطة في الفنون لتحديد اشكال الاجسام فان صانع
القباقيب يستعمل نصله مستقيمة حادة مشدودة من احد طرفيها بنقطة
ثابتة ومن الطرف الاخر لها قبضة يقبض عليها يده اليمنى ويحكم بيده
اليسرى وضع قطعة الخشب التي يريد صنعها ثم يقطها بالآلة المذكورة فينشأ
عن هذا القطع في كل مرة سطح مخروطي مماس للقباب في جميع امتداد خط
منحن وينتج عن مجموع هذه الخطوط المنحنية المقطوعة بهذا الوجه عين سطح
القباب وهو السطح الذي يكثف جميع الخاريط المرسومة بالآلة
المذكورة

واذا اراد الخراط صناعة جسم على صورة سطح دوران فانه يأخذ اولاً
آلة قليلة العرض ليصنع بها قطوعا تسكدان تصل الى محيط هذا السطح ثم يأخذ
مقراضا مستويا متساويا ويحمله في اتجاه مماس للمحيط الذي يكون للسطح
المذكور فكما يضع المقراض في محل رسم بواسطة مخروطات ويحدث عن مجموع
هذه المخاريط المصنوعة ينقل الآلة قليلا قليلا واتجاهها عدة مناطق
مخروطية مماسة لسطح الدوران في سائر جهاته وتلك المناطق مظروفة
في المخاريط وناشئة عنها

وقد تكون جلب البراهيل والصواري الجمعية مخاريط مماسة لسطوح الدوران
المستعملة في الصواري والبراهيل

ومن الطرق المتنوعة المستعملة في رسم السطوح ما يزيد في استطلاة اي جهة

من الجهات وزيادتها على اصلها قليلا او كثيرا فتقل منفعتها او تكثر على حسب ما تقتضيه ضرورة نتائج الصناعة .

ولنتكلم الآن على السطوح المكشوفة التي يمكن صناعتها بثني بعض خطوط توصل بها السطوح المراد جعلها مكشوفة فنقول .

لنفرض خيطا غير قابل للامتداد يدل على محور اسطوانة او مخروط مستدير او غير ذلك من سطوح الدوران ولنفرض ايضا ان المطلوب ربط مركز اى كرة بهذا الخيط يكتنفها الاسطوانة على وجه التماس او مخروط او غير من سطوح الدوران ثم ثنى الخيط المذكور على حسب خط $فحن$ فلا يكون السطح المكشوف لجميع الاكر على شكل اسطوانى ولا مخروطى ولا اى سطح دوران كان وانما يكون سطحا مركبا من جملة دوائر وكل واحدة منها تكون مشتركة بين الاكر والسطح المكشوف .

ومتى انثنى محورا لاسطوانة كان السطح المكشوف مصنوعا من جملة دوائر مساوية للدائرة الكبرى من الاكر المتساوية التي كانت في مبداء الامر محاطة بالاسطوانة المذكورة ثم ان مستوى هذه الدوائر كلها عمودى على المنحني الحادث عن المحور المنثنى ومركزها موضوع على هذا المحور .

ثم ان اعوجاج الالمبق هو من قبيل السطوح المكشوفة يتكون اولا من انثناء محورا لاسطوانة على حسب محيط شكل حلزوى اسطوانى وثانيا من غلاف جميع الاكر المتساوية التي مراكزها موضوع على هذا المحور .

وكذلك القبو المستديرة من السلام الدائرة المنعطفة تكون غلافا للاكر المتساوية التي مراكزها على محيط شكل حلزوى تكون درجه مساوية لدرج السلم .

وعند برم الحبال ذات البتوت الثلاثة التي كل بت منها على حدة يكون ايضا البرم غلافا للمسافة المقطوعة بالكرة التي مراكزها تابع للنقط الحلزوى المرسوم في وسط البت .

ومن دود الخرب و غيره من الهوام ما هو متركب من حلقات قصيرة شكلها

أسطوانى ومفاصله تتكمش وتنسبط على حسب ارادته وعند تننى هذه الهوام
يتراى ان جسدها لا يبقى على صورة واحدة ومع ذلك فلا بد ان يكون على صورة
سطح من السطوح التى نحن بصدددها.

واذا ننى محور الاسطوانة القائمة المستديرة على حسب دائرة انقلب الى سطح
دوران وهو السطح الخلقى الذى تقدم ذكره فى الدرس الحادى عشر وذكرنا
مستطبيه وكيفية رسمه

والسطوح المحيطة بكرة نصف قطرها واحد لا يتغير خاصية وهى انه اذا قطع
اجزاؤها كل على حدة بسطح مستو عمودى على المنحنى الذى هو محل مراكز
الأكبر حدث عن ذلك شيئا نأخذهما ان المستوى يكون من سائر جهاته عمودا
على الغلاف والثانى ان القطع يكون متحد القدر لانه هو الدائرة الكبرى للذكر
المساوية

واذا اريد تسير مقدار من الماء فى قناة ذات قطوع مستديرة لزم ان يكون قطع
القناة واحدا من جميع جهاته اذا اريد سيره على حركة واحدة فى جميع اتجاهه
بحيث لا يعتبرها اختناق ولا توقف فى اى مكان كان وينبغى حينئذ ان يكون
سطح القناة المذكورة متلافا للكرة التى نصف قطرها ثابت وينبغى ايضا ان يكون
قطع القنوات المعدة لجرى الماء على شكل منحنى او مضلع مسطحة ثابت
لا يتغير وكذلك ينبغى لاجل انتظام ذلك وسهولة العملية ابقاء القطع على شكل
واحد ما عدا الاماكن التى يتعذر فيها ذلك لوجود مانع لا يمكن ازالته

ويسند ذكرى الكلام على مراكز الثقل فى الجلد الثانى (عند ذكر الآلات)
طريقة سهلة فى تحديد حجم الاجسام والابعاد المحددة بسطوح القنوات التى
بينا حدها قريبا وانما ذكر هنا طريقة مختصرة سهلة المأخذ مضبوطة كثيرة
الاستعمال فى الفنون فنقول

قد يصنع الحداد والمرصاقي وصانع الزجاج وه سائغ القرفورى والنحاس من
مخصولات صنائعهم اشياء كثيرة على شكل سطوح القنوات فانهم يصنعون
اولا مناشيرا واسطوانا متصمة او مجوفة ويجعلون لها انواع انعطاف وغرضهم

من ذلك ان تبقى الاجسام التي يثنونها بهذه الكيفية على شكلها الثابت الذي عاينه القطوع المعترضة

ومن هذا القبيل الذي نمح: بصدده الابريمات والخلقات والاماواق المتخذة من الحديد والنحاس وغير ذلك وبريمات السدادات والبيات المقي على شكل حلزوني والقصبات الملتفة لفاسنجيبا والانايب وزجاجات البارومتر واوردة الاجسام البشرية

وقد ذكرنا في الكلام على تقاطع السطوح انه يمكن رسم السطوح المضاعفة الانحناء بالخلقات والخرجات الاسطوانية او المخروطية كجذع الاعمدة مثلا وانما ينشأ عن هذه الطريقة في السطوح القنوية خلل وهو ان جهة الطول تكون غير متصلة ببعضها وان القطوع في الجهة المعترضة تكون غير ثابتة

وهناك مدن يصنع فيها السمك كرية والنحاسون الصفايح المعدنية صناعة مخصوصة فيجعلون لها انحناء مضاعفا ويقون قطعها على انتظامه واستمراره في جميع اجزائه وسمك كرية مدينة ليون في هذا المعنى امهر من سمك كرية مدينة باريس

ثم ان مهندسي القناطر والجسور لهم في رسم الاجزى المنحنية من قنواتهم قواعد هندسية مخصوصة والقصد منها بقاء التقاطع على شكله الثابت وجعل صورة الاشياء التي يرسمونها عمودية من جميع الجهات على سطح القناة

وعوضا عن ان نفرض ان سطح الجسم الثابت يقطع بعض مسافات يطلب البحث عن غلافها نفرض ان السطح المتحرك يتغير مقداره بدون تغير شكله

والاسهل في ذلك الكرة التي تكلمنا عليها في (شكل ١٦) لان نصف قطر ١٥ يتغير بخلاف مركزها فانه يقطع خطا مستقيما وقد تقدم لنا ان الغلاف هو سطح دوران وان كل كرة يمسها محيطها سطح الدوران المذكور على محسب اى دائرة لان هذه الدائرة متوازية ويحدث عن تعدد الدوائر المتوازية سطح الدوران

ونفرض الآن ان مركز هذه الكرة ثابتة على محور سطح الدوران فنحن هذا

المجور على حسب خط منحني اياما كان فيختلف عظم الغلاف الذي حدث في الاكر باختلاف نفس الاكر المذكورة الا انه يمس ويحيط دائما كل كرة على حسب الدائرة وفي الكائنات كثير من نوع هذه السطوح

فان الثعبان اذا امتد على الاستقامة كان شكله سطح دوران شبيها بسطح المخروط الممتد وكلما اتى عرض لسطح جسمه شكل جديد ومع ذلك فيحدث عنه دائما غلاف جله من الاكر التي يمكن للانسان ان يتصور انها محاطة على وجه التماس بسطح جلده

ولما كان شكل الثعبان له ثنائيات وتعريجات قلده ارباب الفنون حيث جعلوا على شكله آلة المويسيقى التي تسمى بالسربان (شكل ١٧) والنفير (شكل ١٨) ونفير الصيد (شكل ٢١) وبريمات السدادات وغيرها فاذا فرض ان الثعبان ينثني على شكل حلزوني بحيث يكون ذنبه مركزا كما في (شكل ٢٠) كان سطح جلده مشابها لسطح كثير من الصدوف على اختلاف انواعه

ثم ان اغلب اطراف قرون الحيوانات على شكل سطح من السطوح المذكورة (شكل ٢٢)

وقد جعل ارباب الفنون على شكلها جله من آلات المويسيقى كنفير الجيوش الخفيفة فان سطحه من هذا النوع وكذلك بوق انعكاس الصوت فانه ايضا على هذا الشكل

ولاجل صناعة آلات الاطمان التي نغماتها جامعة بين الدقة واللطافة يلزم ان يكون سطحها المنحني ممتدا ومتناسقا وعليه فيجب ان ينتخب لصناعتها طرق تبنى هذا التناسق في جهة الطول التي بموجبها يندفع الهواء في الآلة وفي الجهة المعروفة التي يكون القطع فيها دائما مستديرا

وقد تستعمل الطرق المتنوعة التي ذكرناها في عمل جله من السطوح لمعرفة صحيح الطرق المستعملة عند صناعت الآلات السابقة من فاسدها وتبديلها في الغالب بطرق أخرى اصح واضبط منها

(بيان اجراء عملية الصقل والجلي وغير ذلك)

لا يكفي ان تقتصر في الفنون على ان تحصل بواسطة الطرق البديعة صحة الاشكال سواء بلغت الغاية اولا بل ينبغي ان المصنوع بهذه الطرق ولو كان الغرض منها مجرد مرور الناظر تكون متناسقة مصهولة بحيث يكون انتظام ذلك وروية مستلزمة لزيادة قيمة محصولات الصناعة ومن ثم ظهرت العمليات الاخيرة المستعملة في جملته من الفنون للصقل والجلي وغير ذلك ولهذه العمليات عند اجرائها حركات يرسم فيها الجسم الصاقل سطوحاً مماسة للجسم المراد صقله بحيث يكون الجسم الاخر غلافاً للجسم المقطوعة بالجسم الاول

واذا اقتضى الحال جلاء مسورة بندقة فالتناضع قطعة خشب مستوية جيدة الصقل مماسة للضروط الناقص الذي هو عبارة عن ظاهر البندقة ونديرها على حسب اتجاه اول ضلع من المخروط فتكون حينئذ المسافة المقطوعة هي المستوى المماس للمخروط وتكرر هذه العملية في سائر اضلاع المخروط يكون ذلك المخروط غلافاً لجميع المستويات المماسية فاذا يتم جلاء البندقة

ولاجل صقل الكرة نضعها في اسطوانة بحيث يمكن تدعيمها وتأمينها وتقليلها على سائر جهاتها ولا مانع من وضعها على دولاب يتم محوره بمركزها ثم نديرها تحت آلة صقل مستوية نوضع تدريجاً في مواضع مختلفة مماسة لهذا السطح فهذه الكيفية نصقل الكرة بواسطة المخاريط التي غلافها تلك الكرة

ونصقل المرآة الكبيرة بمسحها بسطوح يكون مستويها المماس في جميع اوضاعها هو المستوى المراد صقله ومن هذا القبيل انواع الزجاج المستوية والكرورية المستعملة عند صنع آلات النظر في عمل آلاتهم

واذا مسح فجار السفن واصلح بدومه جانب السفينة فانه يزيل كل ما ضرب بهذه الآلة الخشب الزائد على حسب شكل سطح دوران مماس للسطح المراد تصليحه اعني سطح السفينة المصقول ويكون هذا السطح في الحقيقة غلافاً لسطوح الدوران الحادثة من ضرب القدوم

واعلم ان ما ذكرته لك وان كان موجزا مختصرا جدا الا انه يكفي ارباب الفنون ان يستنبطوا منه ان الاشكال الهندسية التي تميز الخطوط من السطوح يطبق عليها بدون واسطة العمليات المتنوعة المهمة في اغلب الفنون وانه لعدم التفاتنا الى اشكال المحصولات الطبيعية والصناعية لم نشاهد فيها الاشكال الهندسية وخواصها وطرق الرسم واجرء العملية التي تنبع عن هذه الخواص التي لا تخلو عن مدلول

ومضى التفت الصانع بالكلية الى تلك القائدة الناشئة عن النظر في صور الاجسام تفرغ لمعرفة اوداوم على تذكارها بحيث لا يمكن تركها واهمالها فعند ذلك يعتنى بالبحث عن محصولات صنعته كما يعتنى الطبيعي بالاشياء الطبيعية وما احتوت عليه ويلتفت إليها التفاتنا كلياً فيعرف النسبة بين ما عرض عليه من الاشياء الجديدة وبين ما تلهام من الاشياء المعروفة عنده من قبل ويعرف ايضا ما بينهما من الاختلاف الذي يعينه على التمييز بين انواعها وافرادها وهذا التفرغ والالتفات ليس مقصورا على مجرد ميل النفس وتوابعها بذلك بل يترتب عليه نتائج مهمة جدا تكمل بها الصناعة ويمكن الاخبار بوفوعها قبل اوانها

ولا يمكن الوصول في اي فن من الفنون الى غاية الكمال الا بالمداومة على ممارسة قواعد الرسم الهندسي الصحيحة فعلى ارباب الصنائع ان يبذلوا جهدهم في معرفة طرق الرسم المبينة في كتب الهندسة الوصفية فيصلون بها الى معرفة براهين الخواص المفيدة التي لم تعرض في كتابي هذا الا لذكر رؤس مسائلها وهل ينكر انه لو لم تنتشر معرفة الهندسة الوصفية ورسم الخطوط في فور يقنات الافرنج وورثهم لبقيت صنائعهم على حالتها الاصلية ولم تتسع دائرتهم ولم تصل الى هذه الدرجة التي هي عليها الآن

(الدرس الخامس عشر)

في بيان انحاء الخطوط والسطوح

اذ افرض اننا نسير على خط منحن ناظرين دائماً الى اتجاه الخط المماس لهذا

المنحنى بالنظر للنقطة التي يكون فيها الانسان فانه لا يكفي ان نستمر على السير الى جهة الامام بل يلزم الانعطاف في كل وقت جهة الخط الداخلي من الخط الواقع عليه السير فاذن يكون انحناء هذا الخط مناسبا لمقدار الانعطاف المنقسم في كل مسافة صغيرة تم عبورها

واذا امرنا على الدائرة لاجل قطع اقواس متساوية فانه ينبغي الانعطاف بمقادير متساوية فاذن يكون انحناء الدائرة على حالة واحدة في جميع اجزائها

واذا سرنا بالتوالي حول دائرتين غير متساويتين (شكل ١) وكان نصف قطرهما r و R كان r ١٤ R ٣ \times ٢ هو مساحة محيط الدائرة الكبرى وكان r ١٤ R ٣ \times ٢ هو مساحة محيط الدائرة الصغرى الا انه اذا قطعنا دائرة تمامها وسرنا دائرها حول محيطها فان مقدار الدور يكون ٣٦٠ فاذن تكون النسبة بين انحنائى θ و ϕ للدائرتين

$$\text{كنسبة } \frac{360}{r \times 3.14} : \frac{360}{R \times 3.14} \text{ او } :: \frac{1}{r} : \frac{1}{R}$$

فلذا كان محيط الدائرة الصغرى (شكل ١) هو اكبر انحناء من محيط الدائرة الكبرى بالنسبة المنعكسة بين نصف القطر الا صغر ونصف القطر الا كبر فاذن تكون النسبة بين انحنائى الدائرتين كنسبة نصفي قطريهما المنعكسة فمن ثم كان كلما كبر نصف القطر صغر انحناء الدائرة حتى يصير غير محسوس * (بيان اجراء العملية في انحناء الارض) *

حيث ان نصف قطر الارض يزيد على ستة ملايين من الامتار كانت دائرتها الكبرى اقل في الانحناء بنحو مليون من دائرة نصف قطر هاستة امتار وتكون ايضا اقل بثمانية ملايين من دائرة كعجلة عربيه فلذا ترى انحناءها غير محسوس في المسافات الصغيرة ولا يمكن ادراكه الا في البحار والسهول الواسعة

ثم ان معرفة انحناء الارض يتوصل بها لقياس ارتفاع الجبال والسهول على وجه التقريب اذا علمت المسافة بين هذه الاماكن والنقطة التي يكون فيها الراصد

ولنفرض مثلان AB هو نصف قطر الارض وان CD (شكل ٢)

هو الجبل الذي رأسه وهي د تغيب عن عين الراصد المنتقل منها الى نقطة ب
 ففي علمنا مسافة ب ث بم نصف قطر ا ث د امكن معرفة قياس
 مسافة ث د فاذا كانت زاوية ا ب ث صغيرة جدا كالقوس
ب ث مساويا على وجه التقريب الكلى للعمود النازل من نقطة ب
 على ا د وينتج هذا التناسب وهو

$$\frac{ا ب}{ب ث} = \frac{ب ث}{ث د}$$

اعني ان نسبة نصف قطر الارض الى مسافة ب ث التي بين الجبل
 والنقطة التي فيها الراصد كنسبة هذه المسافة الى ارتفاع ب ث د من الجبل
 وبناء على ذلك يكون ث د = ب ث

ومتى عرف البحارة بطريقة على عكس الطريقة السابقة ارتفاع ث د
 الذي هو ارتفاع صار من صوارى السفينة أو اى جزء منها عرفوا مسافة
ب ث التي بينهم وبين هذه السفينة ومثل ذلك مهم جدا في مدة الحرب
 فقد ذكرنا اننا نصف قطر الدائرة هو مقياس انحناء محيطها ونذكر هنا
 انه يستعمل ايضا لقياس انحناء الخطوط المنحنية فان قياسه بواسطة الخطوط
 المستقيمة من ابدع المخترعات الهندسية لما في ذلك من الايجاز في العمليات الخاصة
 بالانحناء فنقول

اذا فرض ان خطا منحنيا كخط ا ا ا ز (شكل ٣) هو المراد معرفة
 انحناءه فالتناؤاخذ نقطة المتجاورة جدا ثلاثا ثلاثا ثم نرسم من ثلاث نقط
 متوالية مثل ا و ا دائرة ا ب ث التي يكون انحناءها
 كالانحناء خط ا ز المنحني في قوس ا ا ا الصغير ويمكن اجراء هذه
 العملية في اى نقطة كانت ولنبين بهذه الطريقة الدوائر التي يكون انحناءها
 كالانحناء الخط المنحني في سائر نقطها وانصاف اقطارها فنقول
 كل دائرة مثل ا ب ث كان انحناءها في نقطة ا كالانحناء خط ا ز
 تسمى دائرة مماسة تقربيية من هذا الخط المنحني ونصف قطرها هو نصف قطر

الانحناء ومركزها مركزه

وحيث ان نصف القطر $\overline{عود}$ على محيط الدائرة في نقطة $\overline{أ}$ وليس هناك فرق بين محيطها في نقطة $\overline{أ}$ و $\overline{أ'}$ و محيط المنحنى فانه ينتج من ذلك ان نصف قطر الانحناء $\overline{عود}$ على المنحنى وانه مقياس انحنائه

ولنفرض اننا مددنا من نقط مختلفة كنقط $\overline{أ}$ و $\overline{أ'}$ و $\overline{أ''}$ (شكل ٤) الشديدة القرب من بعضها خطوطا عمودية على منحنى $\overline{أز}$ واخذنا طول $\overline{أو}$ كطول $\overline{أ'و'}$ لنصف قطر الانحناء في نقطة $\overline{أ}$ وطول $\overline{أ'و'}$ كطول $\overline{أ''و''}$ لنصف قطر المنحنى في نقطة $\overline{أ}$ وطول $\overline{أ''و''}$ كطول $\overline{أ''و''}$ لنصف قطر الانحناء في نقطة $\overline{أ}$ وهكذا فحيث ان نقطتي $\overline{أ}$ و $\overline{أ'}$ على قوس الدائرة التي مركزها نقطة $\overline{و}$ ينتج ان $\overline{وا} = \overline{وا'}$ ولذلك ينتج ايضا ان $\overline{وا} = \overline{وا'}$ وان $\overline{وا} = \overline{وا'}$ و $\overline{وا'}$ و $\overline{وا''}$ وهم جوا .

واذا ابتدنا في نقطة $\overline{أ}$ التي هي نهاية خط غير قابل للامتداد وشددنا هذا الخيط على حسب اتجاه $\overline{أو}$ وعلى حسب المحيط المفروض بنقط $\overline{و}$ و $\overline{و'}$ و $\overline{و''}$ الخ التي هي مراكز انحناء $\overline{أز}$ ثم قربنا نقطة $\overline{أ}$ بشدة الخيط المذكور من غير ان يتجاوز طول $\overline{وو'}$ وهم جرافان جزء الخيط وهو $\overline{أو}$ يرسم قوس دائرة صغيرة مثل $\overline{أأ'}$ يكون تمامه على منحنى $\overline{أز}$ حيث ان مركزه هو مركز الانحناء وهو $\overline{و}$ من خط $\overline{أز}$ وانه من نقطة $\overline{أ}$

فاذا وصل هذا الخيط الى نقطة $\overline{أ}$ صمرا مشدودا شدت استقياما من $\overline{أ}$ الى $\overline{و}$ واذا قدمنا نقطة $\overline{أ}$ لتزمن $\overline{أ}$ الى $\overline{أ'}$ فان الخيط المشدود شدت استقياما من $\overline{و}$ يرسم قوس دائرة مثل $\overline{أأ'}$ يكون مركزه نقطة $\overline{و}$ فاذا مررت ايضا نقطة مثل $\overline{أ}$ من $\overline{أ}$ الى $\overline{أ'}$ فانها توسم قوس $\overline{أأ'}$ يكون مركزه في نقطة $\overline{و}$ وهكذا

فعلى ذلك اذا عرفنا جهة تقط شديدة القرب من بعضها كنقط $\overline{وو'}$ و $\overline{وو''}$ الخ التي هي مراكز انحناء خط $\overline{أز}$ فانه يمكن ان نرسم بالسهولة منحنى $\overline{أز}$

بواسطة خيط قابل للانثناء وليس قابلاً للامتداد وترزاد هذه القاعدة صحة وضبطاً كلما قربت أبعاد المراكز وهى و و و و و الخ من بعضها وتكون على اتم الوجوه اذا تعاقبت هذه النقاط بدون فاصل وكانت على صورة خط منحنٍ مستمر

نم ان الطريقة التي ذكرناها وان كانت قاعدة تقريرية الا ان رسم منحنى أز
بها اصح وادوم اتصلا بما اذا بُدِّلنا هذا المنحنى بمضلع مصنوع باو تار ذلك المنحنى
او مماساته وبواسطة هذا الرسم الجديد تكون جميع اقواس الدائرة التي اقيمت محل
منحنى أز متوافقة في العلول ولا يوجد في هذه الصورة زوايا كما في رؤس
الاشكال المضاعفة ولا اضلاع مستقيمة تقوم مقام بعض الاجزاء المنحنية

فمن ثم ينبغي أن نستعمل الطريقة الجديدة في تحصيل شكل المخنفيات التقريرية التي كلما كان اتصال الاختباء ضرورياً جاداً تعذر رسمها مع غاية الصحة والضغط

وقد سبق لنا ان حيط ا و و الخ يشد حين ترسم نقطة ا التي هي نهايته
خط از المنحنى فاذا اخترنا منحنى و ح خ . . . س الذى تقطعه
النقطة المبينة من مبدء الامر على هذا الحيط رأينا س وم يساوى
الطول الكلى لجزء الحيط المتبني من مبدء الامر على حسب و و و . . . وم
ويطلق خط الانتشار على كل خط منحني مثل و ح خ س الذى به ينتشر
منحن آخر مثل و و و . . . وم بحيث يكون طوله مساويا لنصف قطر
انحناء و و و ح و ح ف الى س وم من منحنى
و ح خ س

ثم ان خطوط الانتشار تستعمل كثير في الفنون لاسيما خط انتشار الدائرة
(شكل ٥) فان ارباب الميكانيكة يستعملونه في قطع اضراس الآلاتهم على
وجه مناسب

ولنفرض ان مدق \overline{AB} (شكل ٦ و ٧ و ٨) يكون موضوعا في مجرى بحيث يكون في صعوده ونزوله على خط قائم محدد والمطلوب هنا بيان كيفية

رفعه وتنزله فنقول

لاجل ذلك نضع عمودا اسطوانيا افقيا مثل ث يس على وجه التماس مبيتة بارزة مثل د ه اسفلها على صورة خط مستقيم متصل بمركز العمود عند نزول المدق الى نقطته السفلى (شكل ٦)

ونعين على محيط العمود قوس و ح ز من خط الانتشار لمحيط و و و و للدارزة المستعملة قاعدة للعمود

فاذا دار هذا العمود فان نقطة و تصل من مبداء الامر الى الوضع الذي كانت تشغله نقطة و وفي هذه الصورة يكون مماسه و ح من الدارزة قائما (شكل ٧) فاذن ينبغي ان مبيتة ه د التي تجذب معها المدق ترتفع ارتفاعا مساويا لارتفاع و ح فاذا استمر العمود على دورانه فان نقطة و تصل لموضع و الاصلى وحينئذ ترتفع المبيتة والمدق ارتفاعا يساوي و ح وبالجملة فباستمرار العمود على الدوران تصل نقطة و للموضع الاصلى من نقطة و (شكل ٨) ويصير و ر قائما فاذا انقدم ما يحجز المبيتة انقطع دفعها للمدق عن السقوط لنقله فتقطع حركته حتى ينتهي دوران العجلة ثم ترتفع المدق ثانيا

وفائدة هذه الحركة كونها تحصل بدون اضطراب وتستمر على قوتها كما سيأتى في الميكانيكة وقد تكلمنا في الدرس الثالث عشر على المنحني المسمى بالقطع الناقص الذي له مدخلية كبيرة في العمليات وحيث ان هذا المنحني وهو ا ب ث (شكل ٩) متماثل المحورين فان خط انتشاره وهو د ه ف يكون ايضا متماثلا بالنسبة للمحورين المذكورين ثم ان اكب انحنائه القطع الناقص يكون في نهاية محوره الاكبر واصغر انحنائه يكون في نهاية محوره الاصغر

واذا اردنا رسم قطع ناقص كبير (شكل ٩) يكون عمدا ومتواصلا ماكن ان نرسم الخط المنتشر وهو د ه ف ونرسم ايضا ا ب ث بواسطة خيط اباما كان اوبشا قول ينثنى تارة على حسب د ه وتارة على حسب

هـ

ومن المهم ان نذكر لك انه ولورسمنا مع منتشر **د هـ ف** شكلا مضلعا اى عدة خطوط ينشأ عنهم اعدة زوايا فان منحنى **ا ب ث** لا يرى في سائر جهاته جزء مستقيم ولا زاوية وانما يكون له شعبتان لا يوجدان في خط **د هـ ف** ويكون للمحنى الذى خط انتشاره **ا ب ث** اتصال اكبر من المنحنى المذكور لان انصاف اقطار المنحنائه تزيد وتقص على التسديد ولو تعاقبت انصاف اقطار منحنى **ا ب ث** بدون اتصال كما في رسم المنحنى المسمى باذن القفة راجع الدرس الرابع (شكل ٣٦) فمن هنا تعلم ان الاتصال على انواع مختلفة لا بأس بايرادها هنا فتقول

اولا يمكن رسم خط منحنى (شكل ١٠) بواسطة عدة نقط منفردة قريبة من بعضها جدا كالخطوط المقطعة التي تستعمل في الرسم وكالاتجاهات المعينة بصفوف اشجار مغروسة على ابعاد مختلفة الطول بموجب الخطوط المستقيمة او المنحنية التي يتصورها الانسان مع السهولة اذا كان لهذه الخطوط المنحنية نوع اتصال غير ان الاتصال هنا يدلى عليه عدة نقط كما يرعز اليه بالارقام في الجداول التي يعرف بها وضع جوله نقط لخط منحنى ومثال ذلك رسم قاربين السفن ثانيا يمكن ان يرسم خطا منحنيا بواسطة عدة خطوط مستقيمة تكون اوتارا لهذا المنحنى مثل **ا ا ا** و **ا ا ا** و **ا ا ا** الخ (شكل ١١) او خطوطا خماسية مثل **ا ا ا ا ا** الخ (شكل ١٢) وفي هذه الصورة الثانية يكون في تعاقب النقط اتصال لا يوجد في الاتجاه بحيث يتغير الاتجاه في كل رأس مثل **ا** و **ا** و **ا** من الشكل المضلع تغيرا غير محسوس

ثالثا يمكن ان يبدل الخط المنحنى بعدد اقواس ودوائر اقواس **ا ا ا** و **ا ا ا** و **ا ا ا** الخ (شكل ٤) التي نصف قطر انحنائها يكون تقريبا عين نصف قطر الخط الذي ابدل بتلك الاقواس وفي هذه الصورة يكون في تعاقب النقط وفي اتجاهها اتصال فاذا كانت الاقواس صغيرة جدا كان الاتصال في اتجاه الخط المنحنى وفي انحنائه وعلى هذا الوجه يرسم المعمار جبهة الصورة الجانبية من القنوات

المنكسة كما تقدم وكذلك مهندسو القناطر والجسور في رسمهم لعيون القناطر الغير المستديرة

ثم ان الفنون بحسب اهمية عملياتها وما يلزم لها من الضبط الذي عليه مدار نجاحها لا بد فيها من استعمال هذا الاتصال على اختلاف درجاته في تركيبها وحرركاتها فعلى نظار المعامل والكرخانات ان يختاروا بحسب اللزوم والاقتضاء الطريقة الجامعة لشروط السهولة والاختصار ولضبط التام

ولابأس بذكر طريقة ميكانيكية يستعملها مهندسو السفن اذا ارادوا تجسيم اتصال الاتجاه والانحناء من الخطوط التي بواسطةها يتحدون ويعمرون شكل قارب السفن وحاصلها انهم يعينون النقط المنفردة التي يمر بها الخط المنحني ثم يضعون المسامير من جهتي النقط المذكورة على بعد بحيث يمكن ثني المسطرة الرقيقة ووضعها بين المسامير المزدوجة وبالجملة فينبغي ان ترسم بقلم الرصاص الخط المنحني المبين بطول المسطرة المثنية بحيث يمر بسائر النقط التي هي ١

و ١٣ الخ (شكل ١٣) ولا بد من ممارسة هذه العملية مرارا عديدة قبل اجرائها ليكون رسم انحناء الخط من اوله الى آخره على وجه تدرجى غير محسوس بحيث يرى فيه قدر الاتصال الذي يعين على اضعاف المقاومة التي تحصل للمياه عند مرورها بطول القارين وقت سير السفينة فعلى مهندس السفن ان يطالعوا الاشكال الهندسية فان لهم فيها فائدة عظيمة توصلهم الى هذا الغرض وتكسبهم اصاله الرأي وسرعة التمييز

ولا يليق الا ان نستعمل طريقة رسم الصور الكبيرة في رسم الصور الصغيرة المنقولة على الورق بل تبدلت المساطر الكبيرة المتخذة من الخشب بمساطر صغيرة متخذة من رياش القبطس منها ما يكون سلكاً واحداً ويستعمل في رسم الخطوط المنحنية التي انحناءها لا يتغير الا بقدار قليل ومنها ما هو مرقق شياً فسياً في احد طرفيه او الطرفين جميعاً ويستعمل في رسم اجزاء الخط المنحني الذي يتقص انحناءه كذلك شياً فسياً من طرف الى آخر ثم ثنى هذه المساطر بحيث يمر محيطها بالنقط المعينة على المستوى لما انها نقط المنحني المطلوب الذي يرسم بقلم

رواص يسند على المسطرة الثنتنية على شكل خط مخنن ولا جل سهولة
الرسم على الورق ابدلوا ايضا ما يرسوم الصور الكبيرة الشبيهة بالصور التي
يرسمها مهندسو السفن في عنابر الجبريات وهى محيط القارين المنتصب بقطع
رواص مصنوعة على شكل المثلث ومستورة بالورق او التماس كقطع ح
و ب ح و خ الح (شكل ١٤)

ويستعمل غالباً الرسامون في رسم خطوط منحنية تمر بنقط معلومة آلة تسمى
طبنجة لانها على شكلها الرموز له بهذه الاحرف وهى ا ب ث د ه
(شكل ١٥) ولما كانت هذه الآلة متنوعة الانحاء امكن ان نضعها
في اغلب الصور بحيث ترسم بالتدريج شكلاً مجرداً عن الزوايا يكون انحناءه
متوالياً بدون أن يكون فيه خروج

والى الآن لم تتكلم على الانحاء الخطوط المرسومة في مستو واحد كالخطوط
التي تسمى بذات الانحاء المفرد ولكن هناك خطوط لا يمكن رسمها على مستو
واحد لازدواج انحنائها كالخطوط الحلزونية المرسومة على الاسطوانات
والمنحاريات ونحو ذلك ولنتكلم عليها فنقول

اذا اريد رسم الخطوط ذات الانحاء المزدوج كذات الانحاء المفرد فلا مانع
ان نأخذ دائماً النقط المتتالية بدون فاصل التي تتركب منها الخطوط المذكورة
ثلاثاً ثلاثاً ثم نمرد دائرة من كل ثلاث نقط تكون هذه الدائرة هى دائرة المنحنى
المماسية التقريبية لساير امتداد المسافة الصغيرة المنحصرة بين النقط الثلاثة واذا
اطلق السطح المماس التقريبي فالمراد به سطح الدائرة المماسية التقريبية ولا يمكن
لذاتكون دائرة اخرى اقرب من ذلك الى المنحنى المزدوج الانحاء وذلك من مبدء
المسافة المعبرة * وبواسطة طريقة المستويات والدوائر المماسية التقريبية
يمكن لارباب الفنون أن يرسموا باجتماع عدة اقواس دائرية متعادلة على
وجه التماس ساير الخطوط المزدوجة الانحاء ويكون هذا الرسم على وجه
التقريب والاتصال التام

وهناك ملحوظات اعمىفة جيدة في شأن انحاء الخطوط السابقة غير انها ليست

من المبادئ رأسا ولا تكثر مدخلتها في عمليات الصناعة العادية فلا وجه
لايرادها

واما انحناء السطوح فهو بعكس ذلك اعني انه متواتر جدا لا يستغنى عنه
في عمليات الصناعة

* (بيان انحناء الكرة) *

الكرة هي سطح يسهل قياس انحنائه وبيانها * وذلك بان نأخذ على الكرة نقطة ما
كنقطة α (شكل ١٦) ونمذ من نقطة α والمعتبرة مركزا نصف قطر
 α و فيكون نصف القطر المذ كور قياسا لانحناء في نقطة α لساير
القطاعات الحادثة في الكرة عن مستوي يشمل على نصف قطر α و ويكون
ايضا قياسا لانحناء الكرة وهو كما ترى انحناء ثابت في ساير جهات السطح وفي جميع
نقطه فمن ثم ينتج ان كل نصف قطر كرة يكون نصف قطر انحنائها ونصف قطر
القطاعات الحادثة عن مستوي مشتمل على نصف القطر المذ كور

ونصف قطر انحناء الاسطوانة القائمة المستديرة بالنظر لقاعدتها هو عين نصف
قطر الكرة التي تكتنفها تلك الاسطوانة او تمسها بحسب محيط قاعدتها واما
بالنظر لضاوعها وهو $\alpha \beta$ (شكل ١٧) فلا انحناء لها باصلاح بحيث
اذا مثل عن طول نصف قطر الدائرة المماسية التقريبية للاسطوانة بالنظر
لضاوعها يجاب بانه غير متناه

ومن هذا القبيل المخروط القائم المستدير فان نصف قطر انحنائه من جهة
قاعدته هو نصف قطر الكرة التي يكتنفها بخلافه من جهة ضلعه فانه
لا انحناء فيه

وبالجملة فباقي الاسطوانات والمخاريط على اختلاف انواعها وكذلك جميع
السطوح المنتشرة ليس لها انحناء من جهة اضلاعها المستقيمة الا واما بخلاف
جهتها العمودية فلها انحناء متفاوت في الظهور

ويظهر لك من الاسطوانات والمخاريط من مركز انحناء القطاعات الحادثة بواسطة
نصف قطر α و من القاعدة (شكل ١٧ و ١٨) يكون في داخل

السطح المنحني فعلى ذلك تكون اقسام اقطار α و α' و α'' الخ
متجهة في جهة واحدة وموازية لبعضها في امتداد ضلع α الخ ب
من السطوح المخروطية والاسطوانية

وايست السطوح المعوجة من هذا القبيل * مثلاً اذا انطرت الى السطح المعوج
من السلم رأيت فيه من جهة تجويف الانحناء الى اسفل ومن اخرى اعنى
الجهة العمودية الى اعلى

ثم ان ما يوجد في حلق طارة البكرة (شكل ١٩) من الانحناء القليل تراه
متجهاً في الجهة العمودية على محور الطارة ويكون مركز ذلك الانحناء موضوعاً
على نفس هذا المحور بخلاف ما في الجهة الموازية للمحور فان المركز العظيم
الانحناء من حلق الطارة يكون في نقطة ω التي على بعد واحد من نقطتي
 m و c اللتين هما طرف حلق الطارة المذكورة

فمن هنا يظهر ان السطوح بالنظر لانحنائها على ثلاثة انواع
ففي النوع الاول يكون اتجاه الانحناء المخطوط التي يمكن رسمها على اي سطح كان
متجهاً في جهة واحدة ويدخل تحت هذا النوع الكرة والجسمات الناقصة
والسطوح البيضاوية وما شبه ذلك

وليس في النوع الثاني الجهة واحدة وانحناءها ظاهر واما الجهة الاخرى فهي
خالية عن الانحناء بالكلية ولا يدخل تحت هذا النوع الا السطوح المنتشرة
والاسطوانية والمخروطية وما شبهها

ويوجد في النوع الثالث جزء من الانحناء متجه في جهة والجزء الاخر في الجهة
المقابلة لها بحيث اذا مددنا من نقطة معلومة من السطح خطاً عمودياً على السطح
المذكور فانه يوجد على الخط العمودي المذكور من احدي جهتي السطح جزء
من مركز انحناء القطاع والجزء الاخر يوجد من الجهة الاخرى

وهذه الانواع المذكورة توجد في ظواهر الجسم البشري على اختلاف شكل
اجزائه فمن النوع الاول اشكال الاطراف البارزة عن البدن كالعقب والرضفة
والركبة والكتف واطراف الاصابع فان لكل منها انحناءين متجهين

في جهة واحدة

واما الفخذ والساق والذراع ففيها جزء لا انفخاء له في احدى جهاته فهو من

النوع الثاني

ومن المشاهد ان مفاصل الاذرع والامابع والآباط وما اشبهها وكذلك مربوط الرأس والجسم بالعنق وغير ذلك من قبيل النوع الثالث ذي الانفخاء من المتجهين في جهات متقابلة .

ثم ان صانعي التماثيل وارباب الرسم يترنهم واعبيادهم على رسم صور الاجسام البشرية وملاحظة انفخاء اجزائها المختلفة يظهر لهم فيها تفاوت دقيق فيقدر اجتهادهم في التوفيق بهذا التفاوت تكون صناعتهم مقبولة لدى ارباب المعارف فاذا سلموا في ذلك مسلك الضبط والجودة كانت صناعتهم بدیعة تروق الناظر وتجب الخاطر والاقرت منها نفوسهم واستبشعوها

وانفخاء تلك الاجزاء المختلفة له تعلق وارتباط عظيم بشكل العظام والاعصاب والعضلات المكسوة بالجلد فيجب حينئذ على الرسام المتبحر في فنه ان يقف على حقيقة الاشكال التي يريد رسمها مع غاية الاهتمام بحيث يكون رسمه مبينا لما استقر من اشكال الاجزاء الداخلية التي يمكن رؤيتها

وفي صناعة بعض المصورين خطاين وهو كونهم يجعلون بعض اجزاء سطح الجسم البشري بارزا جدا او منحنيا انفخاء شديدا او محدبا تحديدا مفرطا لتكون الاشكال التشریحية على غاية من البیان مع انها في الواقع دقيقة لا يدركها النظر وما ذاك الا تصنع حلهم عليه التأنيق والزخرفة ومثل هذا الامر لا يليق بكار الاساتيد

ثم ان سطح سيما الانسان لا يخضع لوعن تغير لطيف منوط بالتأثرات المباشرة دائمة كانت او وقية فاما الاولى فينشأ عنها في انفخاء الاجزاء المتغيرة بل وكذلك في منظر الاجزاء الثابتة اشكال تبقى زماما طويلا وتترك دائما قهها بدوام البحث ومن يد التأمل وذلك كهيأت الوجه وسيمه وأما التأثيرات الوقية فينشأ عنها في تقاطيع الوجه تغيرين او غيرين فلذا كانت معرفته من اهم الامور في ممارسة

الفنون المستظرفة لكونه على انواع مختلفة يختار منها الاذكياء من ارباب الفراسة الاشكال المضبوطة التي هي بالنسبة لما يركبونه اتم من غيرها لياقفة للاوصاف والاحوال من بشاشة وعبوس وغوص والفكر في الدقائق وسوء الطوية وهناك ميث آخر مستحدث يتعلق بشكل رأس الآدمي لآباس بإيراده فنقول انه زيادة على ما في المختار أي الجمجمة الاصلين من الانتظام يرى في محال من جهاجم بعض افراد من بين آدم تننيات والمخبرات متنوعة بينه وغير بينة وهذه الاجزاء سواء كانت قليلة الانحناء والتخديب او كثيرة تعتبر كأنها علامات خارجية يستدل بها على قوة هذا الانسان وضعفه وعلى ميله وطبيعته

وقد يسهل على من اطلع على هذا المبحث ان يكسوه نوب الهزء والاحتقار الا ان القطن الباحث عن نواميس الطبيعة لا يبادر بالافراط في الذم والامدح حيث ان هذا المبحث الجديد لا بد أن يسلك الانسان في مطالعته مسلك الجد ولوصح ان الانسان يتصدى للبحث عن كل شئ ويبين اسبابه لنشأ عن ذلك تكثير العلامات المفروضة لانواع الميل والقوى العقلية الا انه يكفي وجود عدة قليلة من نسب القوى العقلية تكون علامات متباعدة مختلفة عن بعضها قلة وكثرة في شكل الجهاجم لتصدر دراسة اختلافات المنحنيات في المباحث التي يشتغل بتحقيقها فكر العاقل

وللأجزاء المتنوعة التي يتألف منها هيكل الحيوانات حجم واشكال مستقيمة او مضمنية يجعلها قابلة للتحرك قلة وكثرة وهذا موضوع علم جديد يقال له علم تشریح الحيوانات وهو علم تضبط ان شاء الله تعالى مباحثه ويكون ذلك بمقابلة الابعاد الاصلية من اجزاء هيكل الحيوانات على اقيسة هندسية وكذلك اتجاه انحناء جزء من الهيكل المذكور لاشياء الاجزاء المتلاصقة اعني المفاصل

وكما ان هذا المبحث الذي نحن بصدده يعين على التقدم في العلم المذكور يوجد فيه نتائج عظيمة يعود نفعها على اشغال الصناعة ثم ان الحيوانات عند قضاء شهوتها الطبيعية يصدر عنها عمليات على غاية من التمام لاتعلو الفنون والحرف على المتوسط منها فهي تسلك فيها على منوال الوسائط المتنوعة العجيبة التي اسدها

الطبيعة للحيوانات الناطقة وغيرها

ثم ان اسنان الحيوانات التي غذاؤها الكلاء منتظمة غاية الانتظام لاجل مضغ المواد النباتية وجرشها حتى ان شكل المنانم الاليمتريه اختلال اصلا مع دوام استعمالها في مضغ الغذاء بخلاف شكل العجارات الواحدين فانه يلحقه الاختلال في اسرع وقت فمن ثم يضطر الانسان الى تجديد هذا الشكل غالباً وذلك بنحت الاجبار وقررها ليحسن الطحن بها ومن هنا يعلم ان نتائج الفنون والصناعة لاتساوى الاثار الطبيعية ثم ان الخواجه مولارد احد اعضاء جمعية العلماء بباريس اشتغل بصناعة آلات للجرش والمضغ وجعلها على صورة اضراس الخيل بحيث لا تحتاج الاضراس المذكورة الى الاصلاح الذي يدونه لا يكمل الجرش

فاذن تقتضى الصناعة نفسها ان المشرحين والمهندسين والميكانيكيين يجتهدون في معرفة ابعاد اجزاء الحيوانات المختلفة وانحناهم او وظائفها ولنتقل الان من الكلام على هذه الملاحظات العامة المتعلقة باهمية مباحث انحناء السطوح في الصناعة وفي التاريخ الطبيعي الى علم الحيوانات الى الكلام على الخواص الهندسية التي يها تسهل معرفة اصول هذه الانحناات وتوقعها فنقول

يمكن أن نرسم بالنسبة الى سطوح النوع الاول قطعاً ناقصاً واقعاً بالتوازي على سطحه (شكل ٢٠) في a, b, c, d وهذا القطع الناقص من مبدء نقطة c يكون على صورة جزء من السطح المصنوع بالتوازي لمستوى m, n المماس للسطح المذكور في نقطة b, c والجوارى لمستوى m, n وحيث ان c, h هي المسافة بين نقطة c والمستوى القاطع وهو m, n فانه اذا مررنا من نقطة c بجملة دوائر مركزها موضوعة على خط c, h والعمودي وكذلك من محيط القطع الناقص حدثت سائر الدوائر المماسية التقريبية للقطاعات المصنوعة في السطح بمستويات الدوائر المذكورة

ويمتاز صغر هذه الدوائر برأسي ب و د من المحور الصغير من القطع الناقص ويمتاز أكبرها برأسي ا و ث من المحور الكبير من القطع الناقص المذكور ويوجد في (شكل ٢٠) مكررات الدوائر الواقعة على مستوي واحد ما يعمود ح و ح الذي في (شكل ٢٠)

فاذن ينتج انه في سطوح النوع الاول التي انحنأؤها على اتجاه واحد يكون اتجاه الانحناء الاكبر وهو ا ب عموديا على اتجاه الانحناء الاصغر وهو ث د

فعلى ذلك يكون اتجاه الانحناء الاكبر في جميع السطوح التي انحنأؤها في جهة واحدة من كل نقطة عمودا على اتجاه الانحناء الاصغر

وحيث ان محيط القطع الناقص منتظم بالنسبة لمحوريه فان الدوائر المماسية التقريبية المارة بالمحيط المذكور يعمود ح و ح تكون ايضا متماثلة بالنسبة لمحوري ا ث و ب د اعني بالنسبة لاتجاهي كل من الانحناء الاكبر والاصغر

فعلى ذلك تكون الانحنآت الغير الاصلية من القطاعات العمودية على السطح وهي الانحنآت الإخذة في الناقص المستمر من الانحناء الاصغر الى الانحناء الاكبر موضوعة بالتماثل بالنظر لاتجاهي الانحناء الاكبر والاصغر وذلك بالانتقال من كل نقطة من نقط السطح المذكور

واما سطوح النوع الثالث فان المستوي الذي يقطعها قطعاً غير متناه بقرب المستوى المماس يحدث عنه قطاع في الشكل هو عين القطع الزائد ويحدث ايضا عن اتجاه محوري القطع الزائد المذكور اتجاه محوري الانحناء الاكبر والاصغر فتكون الانحنآت الغير الاصلية موضوعة بالتماثل بالنسبة لاتجاه المحورين المذكورين وشكل ٢١ يدل على القطاعين المصنوعين في ثقب

البكرة التي انحنأها متجهان في جهتين مختلفتين بمستويين موضوعين على القرب من مستوى م ن المماس في نقطة ح للثقب المذكور ويكون شكل القطاعين المذكورين كشكل قطع زائدين مبنيين ولا بأس

ان يكون هذا الشكل محدبا

ويمكن اعتبار سطوح النوع الثاني كأنها حد مشترك بين النوعين الآخرين
وحينئذ يثبت لها الخواص الموجودة في السطوح الاخر بمعنى ان اتجاهاتها
سواء كانت كثيرة الانحناء او قليلة تكون عمودية على بعضها في جميع الانحناءات
المتوسطة المنتظمة على وجه التماثل بالنسبة للانحناءات الأصلية

وقد اطلقنا قريبا لفظة مبينين على الخطوط المنحنية التي من خاصيتها تبين
حقيقة انحناء السطوح وتناسبها وذكرا طرق استعمالها في معرفة الخواص

اللازمة لانحناء السطوح

ولنفرض الآن انه كلما اتقل الانسان من اول نقطة من نقط اي سطح كان تقدم
على حسب اتجاه الانحناء الاكبر وبذلك يرسم خطا فتكون جميع الخطوط
المرسومة بهذا الوجه سائرة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء
الاكبر

ويقال في عكس ذلك انه كلما اتقل من نقطة مفروضة من نقط اي سطح كان
تقدم على حسب اتجاه الانحناء الاصغر وبذلك يرسم خطا نائفا فتكون الخطوط
المرسومة بهذه الكيفية سائرة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء
الاصغر

فينتج من ذلك ان خطوط الانحناء الاكبر عمودية على خطوط الانحناء
الاصغر

ونخطوط الانحناء خاصة نافعة جدا في الفنون نذكرها لك بدون برهنة فنقول
انه اذا مددنا من كل نقطة من نقط خط الانحناء عمودا على السطح فانه يحدث
عن هذه الاعمدة سطح يكون بالضرورة منتشرا

وفي اسطوانة (شكل ٢٢) تكون الخطوط الصغيرة الانحناء اضلاعاً قائمة
لانحناءاتها واما الخطوط الكبيرة لانحناء فهي القطاعات المصنوعة بمستويات
عمودية على المحاور وتكون محيطات هذه القطاعات بالضرورة عمودية على ضلع
من اضلاعها فاذا كانت خطوط الانحناء الاكبر والاصغر في الاسطوانة على

شكل زاوية قائمة

وفي المخروط (شكل ٢٣) الذي اضلاعه عين خطوط الانحناء الاصغر
تتحصل خطوط انحنائه الاكبر بهذه الكيفية وهي ان نضع طرف البيكار على
رأس المخروط ثم نرسم في الطرف الاخر منه منحنيات متنوعة بقدر انحرافات
البيكار المختلفة بشرط أن تكون عمودية على الاضلاع لانه عند انتشار المخروط
تصير هذه المنحنيات دوائر تكون اضلاعها انصاف اقطار

وفي سطوح الدوران تكون دوائر انصاف النمار خطوط احد الانحناءين
وتكون المتوازيات خطوط الانحناء الاخر ومن المقرران دوائر انصاف النمار
في جميع اتجاهها عمودية على المتوازيات السابقة

وقد اجاد المعلم منج الشهير في تطبيق الخواص التي سبق سردها على عملية
قطع الاجار حيث قال اذا اريدت قوت منحنية الشكل فان تلك
القوت تقسم بالتناسب الى منازل صغيرة جدا بحيث يمكن اخراج كل منزل
منها من حجر واحد

وبعد عمل جزء الحجر الدال على المنزل الاول ونشكله بالشكل الذي يناسب سطح
القبة نعمل الواجهة المسماة بالاتحامات التي على حسبها تلتصق اجزاء العقد
ببعضها ويجب لاجل استيفاء الشروط اللازمة لذلك امر ان احدهما أن يكون
شكل اوجه الالتحام بسيطاً محكم الصناعة والثاني أن يكون مجموعهما في غاية
من الصلابة الا ان هذا الامر الثاني يقتضي ان اوجه الالتحام تكون عمودية على
منحني القبة وكيفية ذلك سهلة وهي انه اذا حدثت زاوية منفرجة عن وجه
اللتحام حجر العقد مع القبة المذكورة فان حجر العقد المجاور لهذا الحجر يحدث عنه
مع القبة المذكورة زاوية حادة وبسبب الضغط يهدم حجر العقد المنتهي بضع
منفرج حجر العقد المنتهي بضع حاد ويقتضيه اذا كان الضغط قويا او يقلقه
ويكسر ما اذا كان الضغط خفيفا ولاجل السهولة والاختصار في ذلك ينبغي عمل
اللتحامات مستوية او منتشرة فاذا اختير هذا الشكل امكن أن نصنع من
الورق او المقوى او نحو ذلك من الاجسام القابلة للثني والانعطاف خماسية متويا

له محيط مضبوط بيلام وجه الالتحام ويكون ثنيه على وجه لائق لينظر هل ينطبق في سائر اجزائه على وجه الالتحام الذي يكون عوديا على القبوة بواسطة المسطرة المثنية ام لا

وحيث ان الامر ينسب السابقين يستلزم ان ايجاد سطوح منتشرة وعمودية على القبوة وعلى بعضها ايضا يستلزم كذلك ان نجعل خطوط الانحناء سطح القبوة هي خطوط التحامه

فعلى ذلك اذا رسمنا سطوحا اسطوانية (شكل ٢٤) فاننا نتخبط التحاماتها فننتخب في الاتجاه الاول الاضلاع المتوازية التي هي بعد واحد من بعضها وهي خطوط الانحناء الاصغر ونتخبط في الاتجاه الثاني الخطوط المنحنية العمودية على هذه الاضلاع وهي خطوط الانحناء الاكبر ثم ان سطوح الالتحام المادئة عن الخطوط العمودية من السطح بموجب الاضلاع او المنحنيات المذكورة هي سطوح مستوية تتقاطع في زاوية قائمة وبذلك يكون شغل قطاع الاجزاء سهلا بقدر الامكان

واذا صنعنا سطوحا مخروطية (شكل ٢٥) كالانواب والسبايك الواسعة وطاقات المدفع المقبية مثل طاقات الحفر الارضية وغير ذلك فاننا نجعل خطوط التحامها اضلاع المخروط والمنحنيات العمودية على هذه الاضلاع

واذا اريد صناعة قبوة على شكل سطح دوران (شكل ٢٦) كقبوة مثلا فاننا نرسم على القبوة المذكورة طبقت منتظمة مركبة من دوائر عمودية ومن متوازيات فيحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه دائرة عمودية مستويات وهذه المستويات هي خطوط الالتحامات المنتهية لاجزاء العقد ويحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه الخطوط المتوازية لشكال مخروطية وهي التحامات الجهة الاقمية وتكون تلك الالتحامات منتشرة لانها مقابلة لخطوط الانحناء وبالجملة فالالتحامات المخروطية تكون مقطوعة في زاوية قائمة بالالتحامات المستوية التي هي مستويات دوائر عمودية بالنظر للمعاريط

والى هنا تم ما اورده للمؤلف منج من التطبيق السهل المفيد اصلا وفرعا
فلاشك انه جدير بأن يستفاد منه اهمية مبحث الانحاء السطوح وخواصها
الاصلية فى الفنون والصنائع مما دخلت فيها وكذلك الفنون المستخرجة فله
فيها مدخلة عظيمة تعود عليها بالنفع

وذلك انه بتنوع الضوء والظلال تعرف بمجرد النظر النقط البارزة او المضيئة
وكذلك الاضلاع المبينة والمحيطات الظاهرية التى تخص صور الاجسام
بخواصها وتستعين فى الاجزاء التى ليس فيها نقطة متتازة ولا خط كذلك بانوار
الظل والضوء بينة كانت او غير بينة على تمييز صور الاجسام وجنسها ودرجة
انحنائها فى كل جزء من اجزاء سطحها

وليست منفعة هذا المبحث مقصورة على ارباب الحرف بل تعم ايضا اهل الصنائع
على اختلافها حيث يكتبون منه معارف سهلة مضبوطة كاملة فى شأن
حقيقة شكل الاجسام التى يعنون بها لاجل حاجتهم او مجرد التزاهة
ولنبين كيفية الوقوف على انحاء السطوح بالمشاهدة فنقول

لنفرض ان كرة **ا ب ث** مضيئة باشعة شمسية على اى اتجاه كان ولنبدأ
برسم خط انفصال الظل من الضوء وهو **ل ل** بمقتضى القواعد
المذكورة فى درس (١٤) ونبين الجزء الذى فى الظل بخطوط سود فيكون
الجزء المضيئ هو **ل ل ن ب ث** لا غير (شكل ٢٧) فعلى ذلك
يظهر لنا القمر فى تشكيلاته المختلفة من اول استهلاله كما فى (شكل ٢٩)
الى التربع الاول كما فى (شكل ٢٨) الذى يظهر فيه نصفه منيرا والنصف الآخر
مظلا ثم يصير على الهيئة التى فى (شكل ٢٧) قبل أن يتكامل نوره ويصير
قرا كما لا وفى ذهابه يكون مكسوفا بحيث لا يرى الراصد له نور اذالم نعتبر
الاجزاء المنيرة وهو **ل ل ن ب** فلا مرجح لنسبته للكرة دون السطح
الامتد او المظروط فى جهة الشعاع النظرى وهاك الكيفية التى يعرف بها مقدار
هذا التفاضل

وحاصلها ان السطح المعتبر كانه مرآة منيرة يوجد فيه نقطة وهى نقطة و

كافي (شكل ٢٧) يرى الراصد منها صورة الشمس او الجسم المضيء وهذه النقطة هي التي تنعكس فيها الضوء العظيم بالسطح ولذا سميت بالنقطة المنيرة فيلزم اذن تحديد وضعها وبسبب ذلك ان امكن مده خط عمودي في نقطة و على سطح الجسم فيخيل ذلك يكون اولاً كل من الشعاعين العارض والمنعكس في مستوي واحد كالعمود المذكور وثانياً يحدث عن تلاقيهما مع هذا العمود زاوية واحدة وبموجب هذين الامرين تفيدنا الهندسة الوصفية طريقة ايجاد النقطة المنيرة من سائر السطوح المتنوعة بالنسبة لموضع معلوم للنظر واتجاه متحد للاشعة فكما اتصلت هذه الاشعة بالسطح وكان اتصالها به على شكل زاوية كثيرة الانحراف وكانت في انعكاسها كذلك كثرت شيت النور واخذ في التناقص وصار السطح قليل النور .

ومن المعلوم انه يمكن أن نرسم حول نقطة و جملة خطوط يظهر فوق محيطها للراصد ان النور المنتشر فوق الجسم واحد وهذه الخطوط تسمى بالخطوط المتساوية اللون فاذا رسمت يكتفي ان نلونها بعدة ألوان قوية او ضعيفة على حسب درجة الضوء المقابل لكل خط فيخيل ذلك يكون مع الضبط التام النور المتناقص بالتدرج فوق جزء السطح المنير .

ويعرف بشكل هذه الخطوط ووضعها حقيقة انحناء سطحها ونوعه ولها علامة سهلة يعرف بها الاسطوانات والمخاريط وجميع السطوح المنتشرة وعلامة اخرى يعرف بها الكرة وسطوح الدوران والسطوح الحلقية وعلامة ثالثة يعرف بها السطوح الحلزونية والسطوح المعوجة وما اشبه ذلك

ثم ان تلك الخطوط التي ذكرناها وان كانت غير مباشرة في الاجسام لاسيما لو انما التي خصصتها لها القدرة الالهية تتناقض تناقضاً متواليها على وجه غير محسوس ولا متناه الا ان النظر قد تعود على تمييز هذه الاشكال التي اختلاف تشاكلها في الظل والضوء انما هو من اختلاف انواع السطوح

ومع ذلك فيشاهد في هذا المعنى تفاوت عظيم في المهارة التي اكتسبها الناس على اختلاف درجاتهم بحسب ما عودتهم عليه صنائعهم من اعتبار بعض سطوح

مستوقة الاترى النحاس والسمكري وصانع المكايل فانهم يعرفون مع غاية السهولة هل سطوحهم اوجزاؤها اسطوانية او مخروطية او منشرة او نجو ذلك اولا بخلاف غيرها فها رتهم فيه دون ذلك

وكذلك خراطوا الاخشاب والمعادن وصانعو الفخار والقرقورى وغيرهم ممن يصنع دأما سطوح الدوران فانهم يعرفون من اول وهلة بدون مسهل سطوحهم اوجزء منها من عطف الدوران اولا وهل بعض اجزائها ممتدة ومفرطح بخلاف غيرها من الاشكال فهم فيه اقل مهارة

وكذلك المعمارجية فانهم يعرفون على ما ينبغي اشكال الاسطوانات والمخاريط المماثلة لاسطوانات قبوات العمارات ومخاريطها ويعرفون ايضا سطوح الدوران المشابهة لسطوح القبوات والاعمدة بخلاف غيرها من السطوح الاجنبية عن اشغالهم فليس لهم بها معرفة على ما ينبغي

فمن المهم ان نعود الامة بتمامها على ان تعرف بمجرد النظر حقيقة نوع السطوح وكيفية صناعتهم لمطلقا سواء بلغت درجة الكمال ام لا لما ان ذلك وسيلة سريعة في تقدم الصناعة والفنون المستطرفة وسنسط الكلام على ذلك بملاحظات ومباحث ونفسر ذلك تفصيلا عند الكلام على الملاحظات والمباحث التي بها تتسع دائرة الادراك وتعيننا على ادارة اشغالنا (راجع الجلد الثالث في الكلام على القوى المتحركة)

وينبغي للنقاشين ان يتعودوا على ان يميزوا بمجرد النظر في كل جزء من السطح الذي يريدون نقشه هل اتجهاؤه على اتجاه واحد او مختلفان وأن يميزوا ايضا اتجاه الانحناء الاكبر من اتجاه الانحناء الاصغر وأن يبينوا على السطوح استقامات الانحناء الاكبر والانحناء الاصغر ليتيسر لهم العلامة العامة الدالة على السطوح التي يفرضونها او يتقلون صورتها فبذلك تكون اشغالهم صحيحة مضبوطة

وينبغي كذلك للمصور الذي يرسم بواسطة الالوان مجسمات ذات ثلاثة ابعاد على سطوح ليس لها الابعاد ان يتف على حقيقة وضع المقدار اللازم من الالوان

اسكل سطح كي يتيسر له أن يرسم مثل تلك الصورة بواسطة قلم البوية
وبالجملة فينبغي لكل من الحسك والراسام أن يبذل جهده في مطالعة هذه
المباحث لتكون ضاعته على أتم الوجوه واكمل الاحوال

تم تعريب الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر المصوف * في تطبيق الهندسة
على الفنون * على يده معتر به الفقير الى الله تعالى المنان * عيسوي افندي زهران *
وكانت مقابله على اصله * وتصحيح صعبه وسهله * وافرغ عباراته في هذا القالب *
سهل المأخذ للطالب * بمعرفة الفقير الى مولاه القوي * محمد قطة العدوي *
بعد اطلاع صاحب العلوم الرياضية * المتبحر في الفنون الهندسية * حضرة
بيومي افندي رئيس قلم هندسة فهو العارف باصطلاحاته * الخبير برموزه
واشاراته * وبنافس ذي الفهم الثاقب * والرأى الصائب * حضرة رفاعة
افندي * حفظه المعيد المبدي * اذ كان المرجع اليه في حل مشكلاته *
والمعول عليه في فك معضلاته * جعله الله خالداً بوجهه الكريم * ونفع به النفع
العميم * ويسر على احسن الاحوال تمامه * وكما احسن يده يحسي ختامه *
وكان تمام طبعه * وبدوة ثمرته ينعه * بدار الطباعة العامرة * الكائنات في بولاق
مصر القاهرة * لازالت هي والمدارس المصرية * والاشغال الهندسية *
راقية مراعى الفلاح * صاعدة الى اوج النفع والنجاح * بهمة رب المعارف
الفائقة في جميع العلوم * والافهام الرائقة في المنطوق والمفهوم * حضرة
ميرالو آدهم بيك مدير ديوان المدارس * لابرحت باشاسه مطلعاً شمس
النقائس * ووافق ذلك الخامس والعشرين من شهر جادى الاولى (سنة ١٢٦١هـ)

سيتين ومائتين بعد الالف * من هجرة من خلقه الله على اكمل

وصف * صلى الله عليه وسلم * وشرف

موكرم وعظيم

تم

